Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada
Science | Sciences

C S A S | **S C C S**

Canadian Science Advisory Secretariat | **Secrétariat canadien de consultation scientifique**

Proceedings Series 2010/052 | **Compte rendu 2010/052**

Zonal Workshop to Review Stock Assessment Models for Northern Shrimp

April 27 – 28, 2010
St. John's, NL

Meeting Chairperson
B. P. Healey

Editor
K. R. Skanes

Atelier zonal d'examen des modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique

27 et 28 avril 2010
St. John's, T.-N.-L.

Président de la réunion :
B. P. Healey

Publié sous la direction de :
K. R. Skanes

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada
Science Branch / Direction des sciences
PO Box/C.P. 5667, 80 East White Hills Road
St. John's, NL/T.-N.-L.
A1C 5X1

January 2011 | **Janvier 2011**

Canada

Foreword

The purpose of these Proceedings is to document the activities and key discussions of the meeting. The Proceedings include research recommendations, uncertainties, and the rationale for decisions made by the meeting. Proceedings also document when data, analyses or interpretations were reviewed and rejected on scientific grounds, including the reason(s) for rejection. As such, interpretations and opinions presented in this report individually may be factually incorrect or misleading, but are included to record as faithfully as possible what was considered at the meeting. No statements are to be taken as reflecting the conclusions of the meeting unless they are clearly identified as such. Moreover, further review may result in a change of conclusions where additional information was identified as relevant to the topics being considered, but not available in the timeframe of the meeting. In the rare case when there are formal dissenting views, these are also archived as Annexes to the Proceedings.

Avant-propos

Le présent compte rendu a pour but de documenter les principales activités et discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion. Il contient des recommandations sur les recherches à effectuer, traite des incertitudes et expose les motifs ayant mené à la prise de décisions pendant la réunion. En outre, il fait état de données, d'analyses ou d'interprétations passées en revue et rejetées pour des raisons scientifiques, en donnant la raison du rejet. Bien que les interprétations et les opinions contenues dans le présent rapport puissent être inexactes ou propres à induire en erreur, elles sont quand même reproduites aussi fidèlement que possible afin de refléter les échanges tenus au cours de la réunion. Ainsi, aucune partie de ce rapport ne doit être considérée en tant que reflet des conclusions de la réunion, à moins d'indication précise en ce sens. De plus, un examen ultérieur de la question pourrait entraîner des changements aux conclusions, notamment si l'information supplémentaire pertinente, non disponible au moment de la réunion, est fournie par la suite. Finalement, dans les rares cas où des opinions divergentes sont exprimées officiellement, celles-ci sont également consignées dans les annexes du compte rendu.

Zonal Workshop to Review Stock Assessment Models for Northern Shrimp

April 27 – 28, 2010
St. John's, NL

Meeting Chairperson
B. P. Healey

Editor
K. R. Skanes

Atelier zonal d'examen des modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique

27 et 28 avril 2010
St. John's, T.-N.-L.

Président de la réunion :
B. P. Healey

Publié sous la direction de :
K. R. Skanes

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada
Science Branch / Direction des sciences
PO Box/C.P. 5667, 80 East White Hills Road
St. John's, NL/T.-N.-L.
A1C 5X1

January 2011 **Janvier 2011**

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2011
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2011

ISSN 1701-1272 (Printed / Imprimé)
ISSN 1701-1280 (Online / En ligne)

Published and available free from:
Une publication gratuite de :

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada
Canadian Science Advisory Secretariat / Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E6

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

CSAS@DFO-MPO.GC.CA

Correct citation for this publication:
On doit citer cette publication comme suit :

DFO. 2011. Zonal Workshop to Review Stock Assessment Models for Northern Shrimp; April 27-28, 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2010/052.

MPO. 2011. Atelier zonal d'examen des modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique; 27 et 28 avril 2010. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2010/052.

TABLE OF CONTENTS / TABLE DES MATIÈRES

SUMMARY ..... **v**
SOMMAIRE ..... **v**

INTRODUCTION **1**
INTRODUCTION **1**

TERMINOLOGY **1**
TERMINOLOGIE **1**

SUMMARY OF PRESENTATIONS AND WORKING PAPERS **2**
RÉSUMÉ DES PRÉSENTATIONS ET DES DOCUMENTS DE TRAVAIL **2**

PRESENTATION 1: THE STATUS OF SHRIMP WITHIN SFA 6 2
PRÉSENTATION 1 : SITUATION DE LA CREVETTE DANS LA ZPC 6 2

PRESENTATION 2: MANAGEMENT STRATEGY EVALUATION 102 4
PRÉSENTATION 2 – ÉVALUATION DE LA STRATÉGIE DE GESTION 102 4

PRESENTATION 3: BAYESIAN SHRIMP STOCK ASSESSMENT – ONE WAY OF GETTING THE JOB DONE 9
PRÉSENTATION 3 – ÉVALUATION BAYÉSIENNE DES STOCKS DE CREVETTE – UNE FAÇON DE FAIRE LE TRAVAIL . 9

PRESENTATION 4: MANAGEMENT STRATEGY EVALUATION FOR *PANDALUS BOREALIS* IN NORTHERN GULF OF ST. LAWRENCE 12
PRÉSENTATION 4 – ÉVALUATION DE LA STRATÉGIE DE GESTION POUR *PANDALUS BOREALIS* DU NORD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT 12

DATA AVAILABLE FOR NORTHERN SHRIMP IN SFA 6 ..... **15**
DONNÉES DISPONIBLES POUR LA CREVETTE NORDIQUE DANS LA ZPC 6 ..... **15**

STRENGTHS, WEAKNESSES AND GAPS OF MODELS **18**
FORCES, FAIBLESSES ET LACUNES DES MODÈLES **18**

BAYESIAN STOCK PRODUCTION MODEL (HVINGEL AND ORR, 2010) 18
MODÈLE BAYÉSIEN DE PRODUCTION DES STOCKS (HVINGEL ET ORR, 2010) 18

AGE/SEX/STAGE MODEL (DROUINEAU, 2009/2010) 20
MODÈLE DES ÂGES/SEXES/STADES BIOLOGIQUES (DROUINEAU, 2009/2010) 20

ADDRESSING THE TERMS OF REFERENCE, AND THE QUESTIONS POSED IN THEM **21**
CADRE DE RÉFÉRENCE ET QUESTIONS CONNEXES **21**

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS **26**
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS **26**

NEXT STEPS **27**
PROCHAINES ÉTAPES **27**

BIBLIOGRAPHY & REFERENCES **29**
BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES **29**

APPENDIX I : TERMS OF REFERENCE **30**

APPENDIX II: AGENDA 35
ANNEXE II - ORDRE DU JOUR 37

APPENDIX III: LIST OF PARTICIPANTS 39
ANNEXE III – LISTE DES PARTICIPANTS 39

APPENDIX IV: MANAGEMENT STRATEGY EVALUATION 102 40

APPENDIX V: THE STATUS OF SHRIMP WITHIN SFA 6 46

APPENDIX VI: RESEARCH AND COMMERCIAL CATCHES IN SFA 6 49

APPENDIX VII: BAYESIAN SHRIMP STOCK ASSESSMENT – ONE WAY OF GETTING THE JOB DONE 49

APPENDIX VIII: MANAGEMENT STRATEGY EVALUATION FOR PANDALUS BOREALIS IN NORTHERN GULF OF ST-LAWRENCE 59

SUMMARY

A workshop to review stock assessment models for Northern shrimp was held in St. John's, Newfoundland & Labrador on April 27-28, 2010. The main objective of the workshop was to evaluate operating models for testing harvest control rules that will be used in a management strategy evaluation process to evaluate Northern shrimp stocks. As a beginning step, the process is to be completed for shrimp fishing area 6, which has the most comprehensive data, then extended to other shrimp fishing areas. Scientists and experts from across Canada, and one expert from Norway, attended the workshop to present and review two proposed models. This report summarizes the two model presentations, a presentation on shrimp stocks in shrimp fishing area 6 and as well a presentation regarding management strategy evaluation. Abstracts of all the presentations, and discussions invoked by them, are documented here. Workshop conclusions and the difficulties and steps involved in moving forward are also included.

SOMMAIRE

Un atelier d'examen des modèles d'évaluation du stock de crevette nordique s'est tenu les 27 et 28 avril 2010 à St. John 's, à Terre-Neuve-et-Labrador. Le principal objectif de l'atelier était d'évaluer les modèles opérationnels qui servent à mettre à l'essai les règles de contrôle de la pêche qui seront utilisées au cours du processus d'évaluation de la stratégie de gestion pour l'examen des stocks de crevette nordique. Comme première étape, il faut mener à terme le processus pour la zone 6 de pêche à la crevette pour laquelle nous disposons de l'ensemble de données le plus complet, puis nous passerons aux autres zones de pêche à la crevette. Des chercheurs et des experts de partout au Canada ainsi qu'un expert norvégien ont participé à l'atelier et y ont présenté et examiné deux modèles proposés. Le présent rapport résume les deux exposés portant sur des modèles, une présentation portant sur les stocks de crevette dans la zone 6 de pêche à la crevette ainsi qu'une présentation portant sur l'évaluation de la stratégie de gestion. Les résumés de toutes les présentations et des discussions qu'elles ont suscitées sont consignés dans le présent rapport. Les conclusions de l'atelier ainsi que les difficultés et les étapes à suivre pour aller de l'avant sont également incluses.

INTRODUCTION

The workshop on stock assessment models for Northern Shrimp had the goal to assess the feasibility of two models for use in testing harvest control rules and assessing the shrimp stocks in shrimp fishing areas (SFAs) 0-7. Feasibility was evaluated by the degree to which each model could address the six questions posed in the terms of reference (see Appendix I).

The meeting began with a welcome from the chair, followed by introductions and general instructions on how the workshop should proceed. The chair thanked the external expert (Carsten Hvingel, IMR, Norway) for agreeing to attend this workshop to share his experience in modelling shrimp population dynamics.

Slides from each presentation, the terms of reference, the workshop agenda, and the attendance list are documented in the appendices.

INTRODUCTION

Le but de l'atelier portant sur les modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique est d'apprécier la faisabilité de l'utilisation de deux modèles pour la mise à l'essai des règles de contrôle de la pêche et pour l'évaluation des stocks de crevette dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) 0 à 7. La faisabilité est évaluée en fonction de la mesure dans laquelle chacun des modèles peut permettre de répondre aux six questions posées dans le cadre de référence (voir l'annexe 1).

La réunion débute par un mot de bienvenue du président, suivi par les présentations des participants et les instructions sur le déroulement de l'atelier. Le président remercie l'expert externe (Carsten Hvingel, de l'Institute of Marine Research, IMR, Norvège) d'avoir accepté de participer à l'atelier afin d'y partager son expérience sur la modélisation de la dynamique de la population de crevettes.

Des diapositives pour chaque présentation, le cadre de référence, l'ordre du jour de l'atelier et la liste des participants figurent en annexe

TERMINOLOGY

To clarify subsequent text, it is useful to define Management Strategy Evaluation (MSE) and the concept of an Operating Model (OM) within the MSE. Much of this subsection is adapted from Miller et al., 2008.

The MSE approach (De la Mare, 1986, Smith et al., 1999) includes identifying management objectives and specifying performance measures to measure the success of these objectives under various management strategies.

Operating models are constructed to simulate the fish stock and the fishery, and are conditioned on available data in order to be a plausible representation of the true system. The operating model incorporates both biological processes

TERMINOLOGIE

Pour clarifier la suite du présent document, il est utile de définir le terme « évaluation de la stratégie de gestion » (ESG) et le concept de modèle opérationnel (MO) au sein de l'ESG. La plus grande partie de la présente rubrique est inspirée des travaux de Miller *et al.*, 2008.

L'approche axée sur l'ESG (De la Mare, 1986; Smith *et al.*, 1999) repose sur la détermination des objectifs de gestion et sur la mise au point de mesures de rendement permettant d'évaluer le succès de l'atteinte de ces objectifs selon diverses stratégies de gestion.

Les modèles opérationnels sont construits de manière à simuler les stocks de poissons et les pêches et reposent sur les données disponibles et, de ce fait, constituent une représentation plausible du système réel. Le

that make up the stock dynamics and fishery processes that result in the capture of fish.

The concept of an OM is fundamentally different from an "assessment model" which is typically used to construct the best (single) perception of a fish stock as the basis for advising on management decisions.

modèle opérationnel intègre à la fois les processus biologiques qui sont à l'origine de la dynamique du stock et les processus de pêche qui aboutissent à la capture des poissons.

Le concept de MO est fondamentalement différent de celui d'un « modèle d'évaluation » qui est habituellement utilisé pour la construction de la meilleure (et unique) perception d'un stock comme base pour la formulation de conseils sur les décisions de gestion.

SUMMARY OF PRESENTATIONS AND WORKING PAPERS

Presentation 1: The Status of Shrimp within SFA 6

David Orr, DFO, Science Branch, St. John's, Newfoundland & Labrador

Abstract:

The SFA 6 Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) resource is broadly distributed along the eastern coast of Labrador from Hawke Channel, south to Cape Freels, off north-eastern Newfoundland. The fishery is exploited by approximately 13 Canadian large (>500 t; Length >100') vessels (LV) and 300 small (<500 t; Length overall<100') vessels (SV). Catches increased from 11,000 t in 1994 – 1996 to 78,000 t by 2004/05 and changed little to 2008/09. The 2009/10 total allowable catch (TAC) was set at 85,725 t however, due to operational and commercial factors only 45,100 t were taken.

Spatial distribution of the resource and large vessel fishery changed little over recent years. The spatial distribution of the small vessel fishery increased from 1998 to 2007 then decreased to

RÉSUMÉ DES PRÉSENTATIONS ET DES DOCUMENTS DE TRAVAIL

Présentation 1 : situation de la crevette dans la ZPC 6

David Orr, MPO, Direction générale des sciences, St. John's, Terre-Neuve-et-Labrador

Résumé

La ressource de crevettes nordiques (*Pandalus borealis)* de la ZPC 6 affiche une vaste répartition le long de la côte est du Labrador depuis le chenal Hawke, au sud du cap Freels, jusqu'au large de la côte nord-est de Terre-Neuve. Un total approximatif de 13 grands navires (GN) canadiens (de poids supérieur à 500 t et de longueur supérieure à 100 pi) et de 300 petits navires (PN) (de poids inférieur à 500 t et de longueur inférieure à 100 pi) exploitent cette zone. Le volume des prises est passé de 11 000 t en 1994-1996 à 78 000 t en 2004-2005 et a peu changé en 2008-2009. Le total autorisé des captures (TAC) a été établi, pour 2009-2010, à 85 725 t; toutefois, pour des raisons opérationnelles et commerciales, seules 45 100 t ont été prélevées.

La répartition spatiale de la ressource et la pêche au moyen de grands navires ont peu changé au cours des dernières années. La répartition spatiale de la pêche au moyen de

2009. The large vessel catch per unit effort (CPUE) remained at a high level between 1995 and 2006 after which it decreased to 2009 while the small vessel CPUE increased to 2003, remained high until 2007 and then decreased to 2009. Biomass indices from fall multi-species surveys generally increased from 1997 to peak levels in 2006 but have since decreased by 50%. The precautionary approach, as part of the Northern Shrimp Integrated Fisheries Management Plan (available at: http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/ifmp-gmp/index-eng.htm), was applied using an Upper Stock Reference (USR) equal to 80% of the geometric mean of female spawning stock biomass (SSB) over 1996 – 2003, which is thought to be a productive period. The Lower Reference Point (LRP) utilized was equal to 30% of the geometric mean of SSB over the 1996 - 2003 period, superimposed upon the exploitation rate trajectory over time. Female spawning stock biomass is presently within the cautious zone at 97% of the provisional USR.

Discussion:

There was some discussion about recruitment plots and the changes in recruitment. Recruitment is presented as the abundance of shrimp between 11.5 and 16 mm in carapace length and is not used to predict the number of commercial shrimp available in the future. Using a fixed range of carapace lengths to distinguish between recruits and adults may have an associated bias due to variability in shrimp growth rates over time. Using carapace length to infer recruitment is required as aging of shrimp is difficult.

petits navires a augmenté entre 1998 et 2007 puis a décliné en 2009. Le nombre de captures par unité d'effort (CPUE) enregistrées par les grands navires est demeuré élevé entre 1995 et 2006, après quoi il a diminué jusqu'en 2009, tandis que les CPUE enregistrées par les petits navires ont augmenté jusqu'en 2003, sont demeurées élevées jusqu'en 2007 puis ont baissé en 2009. Les indices de la biomasse dérivés des relevés multi-espèces d'automne ont généralement augmenté à partir de 1997 pour atteindre un pic en 2006, mais ont depuis décliné d'environ 50 %. L'approche de précaution adoptée dans le plan de gestion intégrée des pêches pour la crevette nordique (disponible à l'adresse : http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/ifmp-gmp/index-fra.htm) a été appliquée avec un point de référence supérieur (PRS) du stock égal à 80 % de la moyenne géométrique de la biomasse du stock reproducteur (BSR) de femelles pour la période allant de 1996 à 2003, laquelle est considérée comme étant une période productive. Le point de référence inférieur (PRI) utilisé était égal à 30 % de la moyenne géométrique de la BSR au cours de la période allant de 1996 à 2003 et était superposé à la trajectoire du taux d'exploitation dans le temps. La biomasse du stock reproducteur de femelles se situe à l'heure actuelle à l'intérieur d'une zone de prudence, à 97 % du PRS provisoire.

Discussion

On discute quelque peu des zones de recrutement et des changements afférents au recrutement. Ce dernier terme représente l'abondance de crevettes dont la longueur de carapace se situe entre 11,5 et 16 mm et n'est pas utilisé pour prévoir le nombre de crevettes de taille commerciale disponibles pour le futur. L'utilisation d'une fourchette fixe de longueurs de carapaces pour faire une distinction entre les recrues et les adultes pourrait s'accompagner d'un biais en raison de la variabilité des taux de croissance des crevettes avec le temps. On doit utiliser la longueur de la carapace pour inférer le recrutement, car il est difficile de déterminer l'âge des crevettes.

The slide concerning the Precautionary Approach (PA) generated a lot of discussion. Industry and Science had previously generated a set of harvest control rules that were not peer reviewed, and these were applied here. Dynamics of the shrimp population are unknown hence the mortality allowing maximum sustainable yield (F_{msy}) cannot be calculated for SFA 6 Northern shrimp. Rather than F_{msy}, there are arbitrary "goal posts" at the USR and the LRP. The state of the stock (critical, cautious or healthy) is measured by comparing current SSB to the LRP and USR. If F_{MSY} were known it would be easier to determine what the harvest control rules could be.

La diapositive concernant l'approche de précaution (AP) suscite beaucoup de discussions. L'industrie et le secteur des Sciences ont précédemment produit un ensemble de règles de contrôle de la pêche qui n'ont pas été soumises à un examen par des pairs et qui ont été appliquées ici. La dynamique de la population de crevettes étant inconnue, on ne peut calculer le niveau de mortalité permettant un rendement équilibré maximal (F_{REM}) pour la crevette nordique de la ZPC 6. Au lieu de F_{REM}, on utilise les « poteaux de buts » arbitraires que sont le PRS et le PRI. On mesure l'état du stock (zone critique, zone de prudence ou zone saine) en comparant la BSR actuelle au PRI et au PRS. Si la valeur de F_{REM} était connue, il serait plus facile de déterminer quelles devraient être les règles de contrôle de la pêche.

Questions arose about the CPUE, the changes in it and if CPUE is an indicator of stock status. CPUE is measured in kg/hr but there is more spatial coverage by small vessels. Often there is fishing across both in SFAs 5 and 6 in a single trip hence it is difficult to determine what population is being represented in plots concerning individual SFAs. Other factors that may have impacted the CPUE are weather, sea ice, and vessel problems within the commercial fleet.

Des questions sont soulevées concernant les captures par unité d'effort (CPUE), les changements les concernant et si elles sont un indicateur de l'état des stocks. Le CPUE est mesuré en kg/h, mais les petits navires affichent une couverture spatiale supérieure. Des pêches sont souvent pratiquées dans les ZPC 5 et 6 au cours d'une seule sortie, de sorte qu'il est difficile de déterminer quelle population est représentée dans les graphiques concernant chaque ZPC distincte. D'autres facteurs susceptibles d'avoir eu un impact sur le CPUE sont les conditions météorologiques, la glace marine et des problèmes touchant les navires de la flotte commerciale.

Presentation 2: Management Strategy Evaluation 102

Peter Shelton, DFO, Science Branch, St. John's, Newfoundland & Labrador.

Abstract:

The new Department of Fisheries & Oceans (DFO) Sustainable Fisheries Framework (2009) provides a basis for implementing a number of elements of the United Nations Fish Stock Agreement and the Fisheries & Agriculture

Présentation 2 – Évaluation de la stratégie de gestion 102

Peter Shelton, MPO, Direction générale des sciences, St. John's, Terre-Neuve-et-Labrador

Résumé

Le nouveau Cadre pour la pêche durable (2009) du ministère des Pêches et des Océans (MPO) constitue un point de départ pour la mise en œuvre d'un certain nombre d'éléments de l'Accord des Nations Unies sur

Organization (FAO) Code of Conduct related to the Precautionary Approach and sustainable fisheries management. The framework requires the identification of Healthy, Cautious and Critical zones based on reference points and the development and implementation of decision rules to achieve pre-specified risk tolerances for stock declines in each of the zones and for rebuilding stocks that fall into the Critical zone. Management decisions are required to be explicit about the risks of declines or of not rebuilding associated with a management decision by deciding on a risk tolerances.

la pêche et les stocks de poisson et du code de conduite de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) associés à l'approche de précaution et à la gestion durable des pêches. Le cadre exige la désignation de zones saines, de zones de prudence et de zones critiques fondées sur des points de référence ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre de règles de décisions permettant de prédéfinir des tolérances au risque pour le déclin des stocks dans chacune des zones et pour le rétablissement des stocks qui se trouvent dans les zones critiques. Les décisions en matière de gestion fondées sur la tolérance au risque doivent être explicites en ce qui concerne les risques de déclin ou de non-rétablissement qui leur sont associés.

The provisional DFO management strategy for Northern shrimp prescribes rules for setting TACs for Northern Shrimp by adjusting fishing mortality in steps with respect to F_{msy} in each of the three zones and specifies risk tolerances for stock decline for when the stock is in segments of each of the zones. This framework is currently being implemented by DFO but has not yet been evaluated through simulation trials as suggested by both the FAO Code of Conduct and the Marine Stewardship Council guidelines under Principle I.

La stratégie de gestion provisoire de la crevette nordique du MPO prescrit des règles pour l'établissement de TAC en ajustant de façon graduelle la mortalité par les pêches en fonction de la valeur de F_{REM} dans chacune des trois zones. Elle précise également les tolérances au risque de déclin des stocks lorsque ceux-ci se trouvent dans certains segments de chacune des zones. Ce cadre est actuellement mis en œuvre par le MPO, mais n'a pas encore été évalué par des essais de simulation conformément à ce qui est recommandé dans le code de conduite de la FAO et dans les lignes directrices du Marine Stewardship Council (principe 1).

Management strategy evaluation (MSE) provides a process for such an evaluation in which the management strategy incorporating feedback harvest control rules (HCRs) is applied to a simulated shrimp fishery to determine it's robustness to uncertainty by examining output performance statistics that quantify management objectives. This differs from standard stochastic projections in that both the real (modeled) and perceived (from observations of the real) populations are tracked. The HCR is applied to information from an assessment of the perceived population but the performance is evaluated based on the true population (Fig. 1). Not that the assessment based on perceived data may be as simple as a smother or trend analysis of the

L'évaluation de la stratégie de gestion (ESG) offre un processus par lequel la stratégie de gestion intégrant des règles de contrôle de la pêche fondées sur la rétroaction est appliquée à une simulation des pêches à la crevette, et ce, afin que l'on puisse déterminer sa robustesse par rapport à l'incertitude en examinant les statistiques de sortie sur le rendement qui permettent de quantifier les objectifs en matière de gestion. Ce processus diffère des projections stochastiques habituelles du fait que l'on peut suivre à la fois les populations réelles (modélisées) et perçues (à partir d'observations réelles). Les règles de contrôle de la pêche (RCP) sont appliquées à l'information dérivée d'une

recent survey or catch rate observations, whereas the simulation of the real fishery has to be complex enough to capture the essential behaviours that are thought to possibly exist. Because of uncertainty in the true status and dynamics of the stock, and possibly behaviour of the fishery, candidate HCRs are applied across a reference set of operating models (OMs) that attempt to capture the plausible range of possible realities. The HCR that is eventually selected should be robust across the reference set of plausible OMs, demonstrated by achieving required risk tolerances for each of the chosen performance statistics.

This method has been applied in a number of cases to evaluate existing or proposed management strategies in various parts of the world. It differs from management approaches based on a "best assessment" in which reference points, status of the stock relative to the reference points and risk of transgressing reference points under alternative management actions are evaluated to decide on a TAC. Under MSE, a robust feedback HCR is sought that meets stated risk tolerance requirements which then acts as an "auto-pilot" for setting the TAC based on an updated assessment of available data. Intervention would only be necessary if the understanding about the status and dynamics of the stock changes outside the range covered by the reference set of OMs, performance statistics change, or an un-anticipated crisis develops. The MSE should, however, be periodically reviewed to see if changes need to be made to the HCR.

évaluation de la population perçue, mais l'évaluation du rendement se fonde sur la population réelle (figure 1). Il convient de noter que l'évaluation fondée sur les données perçues peut être aussi simple qu'une analyse par lissage ou une analyse des tendances effectuée à partir d'un relevé récent ou, encore, d'observations relatives aux taux de capture, tandis que la simulation des pêches réelles doit être suffisamment complexe pour mesurer les principaux comportements que l'on considère comme étant possibles. En raison de l'incertitude concernant l'état réel et la dynamique des stocks et, possiblement, l'évolution de la pêche, les RCP possibles sont appliquées à un ensemble de référence de modèles d'exploitation (MO) qui nous permettent d'appréhender l'éventail plausible des réalités possibles. Les RCP qui sont finalement choisies doivent être robustes pour la totalité de l'ensemble de référence des MO plausibles, c'est-à-dire qu'elles doivent permettre d'atteindre les tolérances au risque requises pour chacune des statistiques sur le rendement choisies.

Cette méthode a été appliquée dans un certain nombre de cas pour évaluer des stratégies de gestion en place ou proposées dans différentes régions du globe. Elle diffère des approches de gestion fondées sur la « meilleure évaluation », dans lesquelles les points de référence, l'état des stocks par rapport aux points de référence et les risques de transgression des points de référence par l'adoption de mesures de gestion de remplacement sont évalués en vue de la détermination d'un TAC. En vertu de l'ESG, on recherche une RCP robuste, fondée sur la rétroaction et qui satisfait aux exigences énoncées concernant la tolérance au risque, laquelle agit ensuite comme un « pilote automatique » permettant l'établissement du TAC en fonction d'une évaluation à jour des données disponibles. Une intervention ne sera nécessaire que si les données concernant l'état et la dynamique du stock sortent de l'éventail couvert par l'ensemble de référence des MO, si les statistiques sur le rendement changent ou, encore, si une crise imprévue survient. Toutefois, l'ESG doit être revue sur

une base régulière afin que nous puissions voir si des changements doivent être apportés aux RCP.

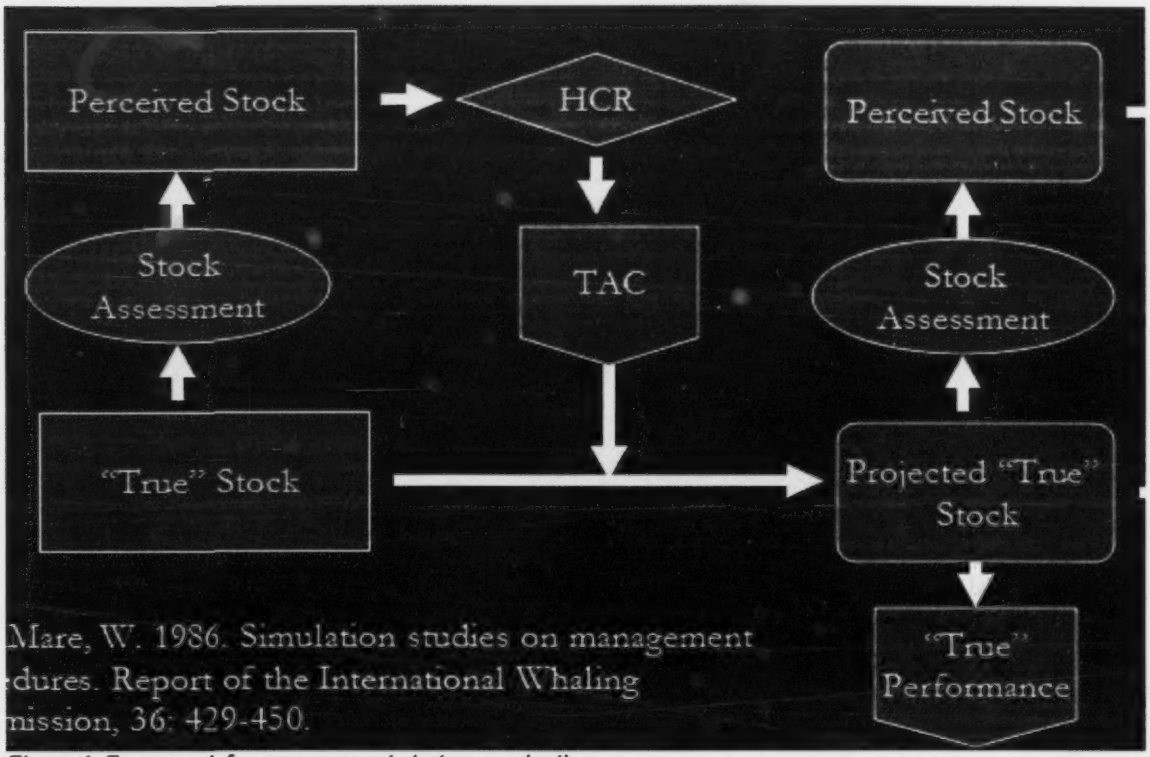


Figure 1: Framework for management strategy evaluation.

recent survey or catch rate observations, whereas the simulation of the real fishery has to be complex enough to capture the essential behaviours that are thought to possibly exist. Because of uncertainty in the true status and dynamics of the stock, and possibly behaviour of the fishery, candidate HCRs are applied across a reference set of operating models (OMs) that attempt to capture the plausible range of possible realities. The HCR that is eventually selected should be robust across the reference set of plausible OMs, demonstrated by achieving required risk tolerances for each of the chosen performance statistics.

This method has been applied in a number of cases to evaluate existing or proposed management strategies in various parts of the world. It differs from management approaches based on a "best assessment" in which reference points, status of the stock relative to the reference points and risk of transgressing reference points under alternative management actions are evaluated to decide on a TAC. Under MSE, a robust feedback HCR is sought that meets stated risk tolerance requirements which then acts as an "auto-pilot" for setting the TAC based on an updated assessment of available data. Intervention would only be necessary if the understanding about the status and dynamics of the stock changes outside the range covered by the reference set of OMs, performance statistics change, or an un-anticipated crisis develops. The MSE should, however, be periodically reviewed to see if changes need to be made to the HCR.

évaluation de la population perçue, mais l'évaluation du rendement se fonde sur la population réelle (figure 1). Il convient de noter que l'évaluation fondée sur les données perçues peut être aussi simple qu'une analyse par lissage ou une analyse des tendances effectuée à partir d'un relevé récent ou, encore, d'observations relatives aux taux de capture, tandis que la simulation des pêches réelles doit être suffisamment complexe pour mesurer les principaux comportements que l'on considère comme étant possibles. En raison de l'incertitude concernant l'état réel et la dynamique des stocks et, possiblement, l'évolution de la pêche, les RCP possibles sont appliquées à un ensemble de référence de modèles d'exploitation (MO) qui nous permettent d'appréhender l'éventail plausible des réalités possibles. Les RCP qui sont finalement choisies doivent être robustes pour la totalité de l'ensemble de référence des MO plausibles, c'est-à-dire qu'elles doivent permettre d'atteindre les tolérances au risque requises pour chacune des statistiques sur le rendement choisies.

Cette méthode a été appliquée dans un certain nombre de cas pour évaluer des stratégies de gestion en place ou proposées dans différentes régions du globe. Elle diffère des approches de gestion fondées sur la « meilleure évaluation », dans lesquelles les points de référence, l'état des stocks par rapport aux points de référence et les risques de transgression des points de référence par l'adoption de mesures de gestion de remplacement sont évalués en vue de la détermination d'un TAC. En vertu de l'ESG, on recherche une RCP robuste, fondée sur la rétroaction et qui satisfait aux exigences énoncées concernant la tolérance au risque, laquelle agit ensuite comme un « pilote automatique » permettant l'établissement du TAC en fonction d'une évaluation à jour des données disponibles. Une intervention ne sera nécessaire que si les données concernant l'état et la dynamique du stock sortent de l'éventail couvert par l'ensemble de référence des MO, si les statistiques sur le rendement changent ou, encore, si une crise imprévue survient. Toutefois, l'ESG doit être revue sur

une base régulière afin que nous puissions voir si des changements doivent être apportés aux RCP.

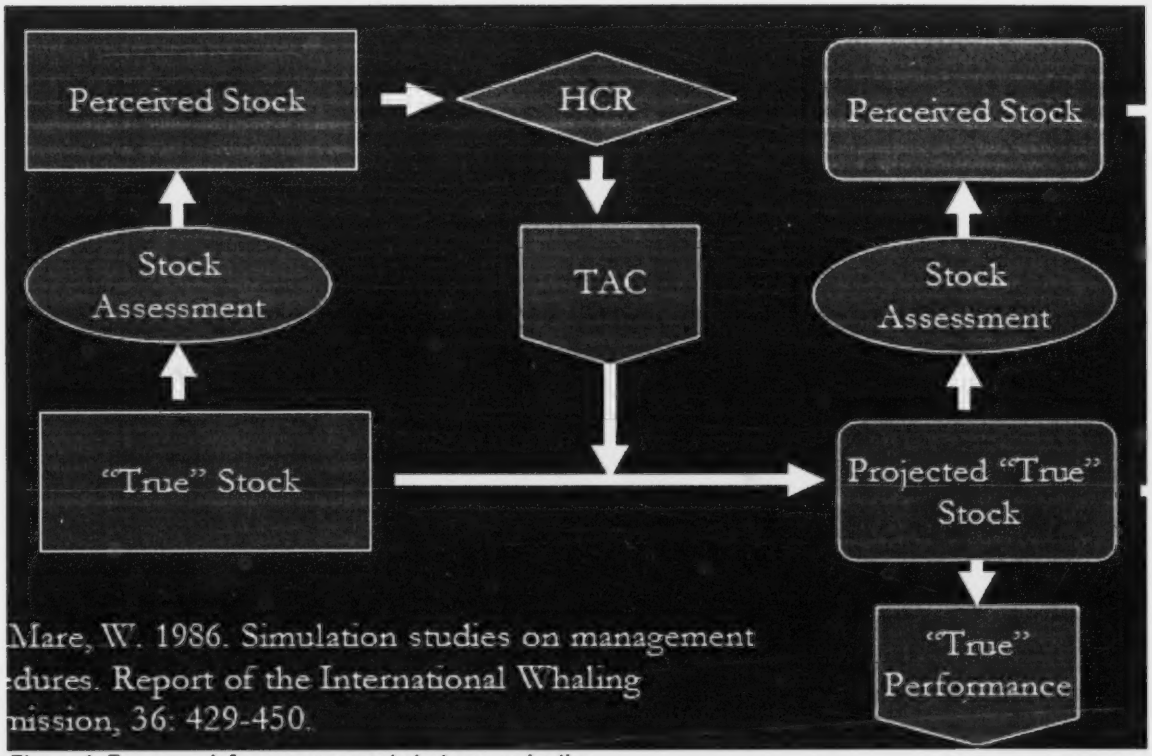


Figure 1: Framework for management strategy evaluation.

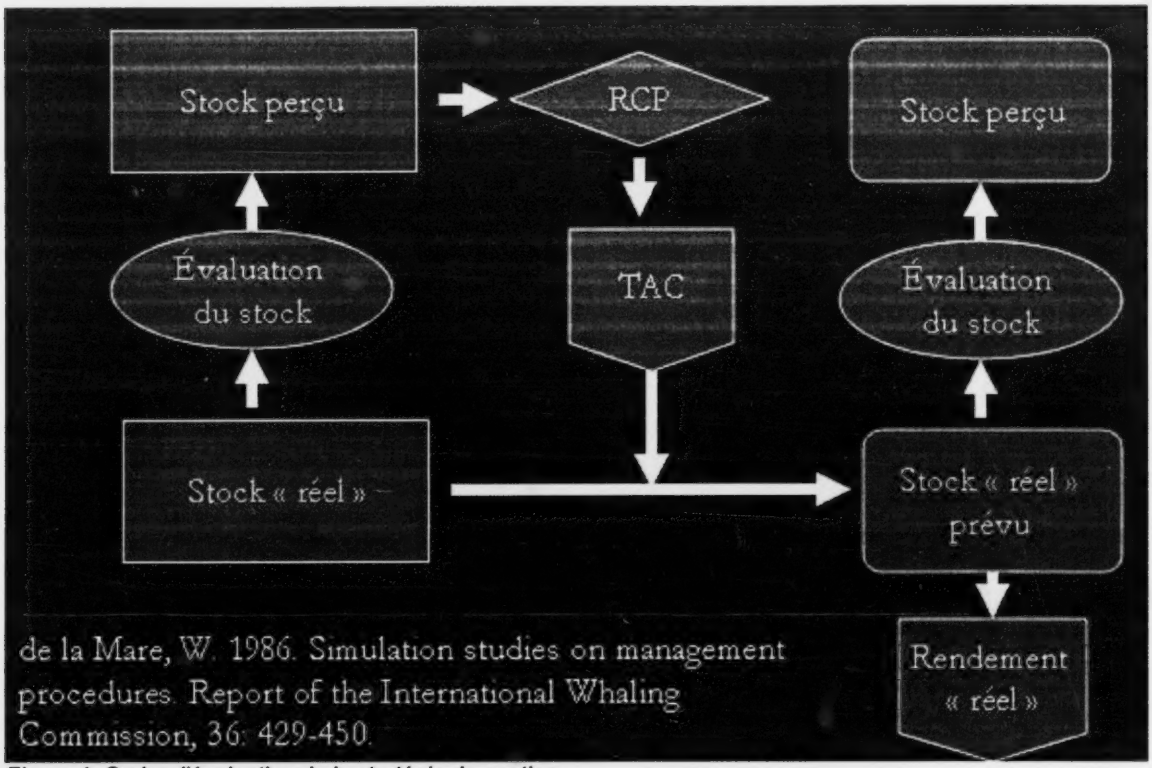

Stock perçu
RCP
Stock perçu
Évaluation du stock
TAC
Évaluation du stock
Stock « réel »
Stock « réel » prévu
Rendement « réel »
de la Mare, W. 1986. Simulation studies on management procedures. Report of the International Whaling Commission, 36: 429-450.

Figure 1. Cadre d'évaluation de la stratégie de gestion.

Discussion:

Some comments implied that the framework is lacking, although it wasn't clear in what regard. There may be a problem with using F_{MSY} as a removal reference and during the development stages, proposals of F of zero when below the LRP may have delayed the process.

The question arose about the dynamics changing as conditions, such as climate change and whether this is incorporated into the framework. It is not known how easily these changes can be implemented into the operating models considered in the MSE framework. There is also the issue with moving from single species to multiple species evaluations if assessments were expanded to cover more than one species.

Discussion

Certains commentaires laissent sous-entendre que le cadre fait défaut, mais à quel égard? Cette information n'est pas précisée. L'utilisation de F_{REM} comme niveau d'exploitation de référence et durant les étapes de l'élaboration pourrait poser problème; les propositions qui ont été formulées concernant l'utilisation du zéro comme valeur de F lorsqu'elle se situe sous le PRI pourraient avoir retardé le processus.

La question de savoir si la dynamique change avec les conditions telles que le changement climatique et si ces paramètres sont intégrés dans le cadre d'évaluation est soulevée. On ne sait pas comment l'on pourrait incorporer facilement ces changements dans les modèles opérationnels considérés dans le cadre d'évaluation de la stratégie de gestion. Demeure également l'enjeu du passage entre des évaluations d'une espèce particulière et des évaluations d'espèces multiples dans

It is important to assess the level of risk before an assessment is performed. Undertaking an MSE would be ill-advised if there is little data available on a particular stock. You must be able to bracket the potential realities for the population.

While the MSE framework has not been simulation tested, the theories and proxies are not much different from those used in other countries. One issue with MSE is that it assumes a constant Maximum Sustainable Yield (MSY). It is unknown how robust a HCR is and how it will react to periodic shifts in MSY. This could be dangerous if the impact is discovered too late for a particular stock.

l'éventualité où la stratégie serait élargie à plus d'une espèce.

Il importe d'examiner le niveau de risque avant d'exécuter une évaluation. L'utilisation d'une ESG pourrait être malvenue si l'on dispose de peu de données sur un stock particulier. Il faut être en mesure de prendre en considération l'ensemble des réalités potentielles afférentes à la population.

Bien que le cadre d'ESG n'ait pas été mis à l'essai dans le cadre d'une simulation, les théories et les données de substitution ne sont pas très différentes de celles utilisées dans d'autres pays. L'un des problèmes que soulève l'ESG est le fait qu'elle pose l'hypothèse d'un rendement équilibré maximal (REM) constant. On ne sait pas quelle robustesse affiche une RCP donnée ni comment elle réagirait à des changements périodiques du REM. Cela pourrait poser un danger si l'incidence était découverte trop tard pour un stock particulier.

Presentation 3: Bayesian Shrimp Stock Assessment – One Way of Getting the Job Done

Carsten Hvingel, Institute of Marine Research, Tromsø, Norway

Abstract:

A potential stock assessment model and associated management advice for the shrimp stock, *Pandalus borealis,* in SFA 6 was constructed based on the logistic stock-recruitment function, a state-space model structure and Bayesian inference. Fishery effect was modelled explicitly while other mortality was included in the parameter for overall realised population growth rate, *r*, and habitat carrying capacity, *K*. The model included both process and observation error and synthesized information from input priors and three independent series of shrimp biomass and a catch series.

Présentation 3 – Évaluation bayésienne des stocks de crevette – Une façon de faire le travail

Carsten Hvingel, Institute of Marine Research
Tromsø, Norvège

Résumé

On a construit un modèle potentiel de l'évaluation du stock et formulé des conseils connexes relatifs à la gestion du stock de crevette (*Pandalus borealis)* dans la ZPC 6 d'après la fonction logistique stock-recrutement, une structure de modèle espace-état et une inférence bayésienne. L'effet des pêches a été explicitement modélisé, tandis que les autres facteurs de mortalité ont été inclus dans le paramètre du taux de croissance global de la population établie, *r*, et dans celui de la capacité de charge de l'habitat, *K*. Le modèle comprenait à la fois : 1) les erreurs d'observation et de processus; 2) l'information synthétisée découlant des distributions *a priori* des données d'entrée, de trois séries indépendantes sur la biomasse de la crevette et d'une série sur les captures.

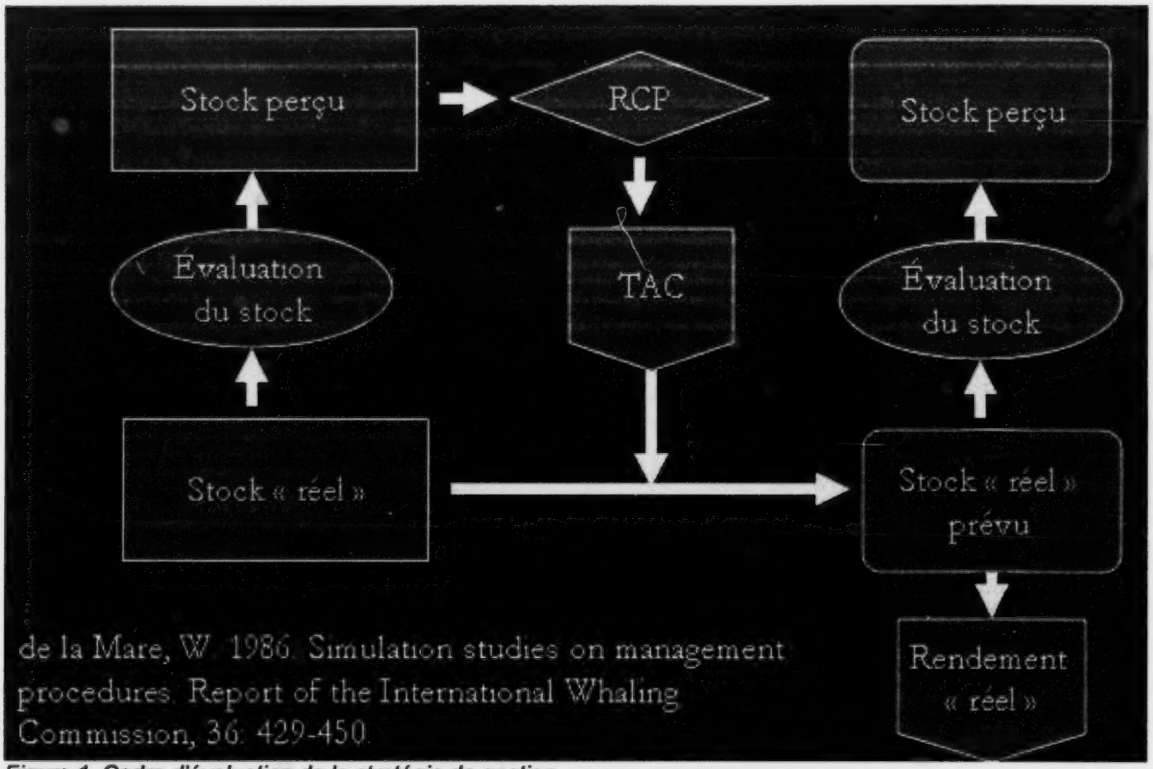

Stock perçu
RCP
Stock perçu
Évaluation du stock
TAC
Évaluation du stock
Stock « réel »
Stock « réel » prévu
Rendement « réel »
de la Mare, W. 1986. Simulation studies on management procedures. Report of the International Whaling Commission, 36: 429-450.

Figure 1. Cadre d'évaluation de la stratégie de gestion.

Discussion:

Some comments implied that the framework is lacking, although it wasn't clear in what regard. There may be a problem with using F_{MSY} as a removal reference and during the development stages, proposals of F of zero when below the LRP may have delayed the process.

The question arose about the dynamics changing as conditions, such as climate change and whether this is incorporated into the framework. It is not known how easily these changes can be implemented into the operating models considered in the MSE framework. There is also the issue with moving from single species to multiple species evaluations if assessments were expanded to cover more than one species.

Discussion

Certains commentaires laissent sous-entendre que le cadre fait défaut, mais à quel égard? Cette information n'est pas précisée. L'utilisation de F_{REM} comme niveau d'exploitation de référence et durant les étapes de l'élaboration pourrait poser problème; les propositions qui ont été formulées concernant l'utilisation du zéro comme valeur de F lorsqu'elle se situe sous le PRI pourraient avoir retardé le processus.

La question de savoir si la dynamique change avec les conditions telles que le changement climatique et si ces paramètres sont intégrés dans le cadre d'évaluation est soulevée. On ne sait pas comment l'on pourrait incorporer facilement ces changements dans les modèles opérationnels considérés dans le cadre d'évaluation de la stratégie de gestion. Demeure également l'enjeu du passage entre des évaluations d'une espèce particulière et des évaluations d'espèces multiples dans

It is important to assess the level of risk before an assessment is performed. Undertaking an MSE would be ill-advised if there is little data available on a particular stock. You must be able to bracket the potential realities for the population.

While the MSE framework has not been simulation tested, the theories and proxies are not much different from those used in other countries. One issue with MSE is that it assumes a constant Maximum Sustainable Yield (MSY). It is unknown how robust a HCR is and how it will react to periodic shifts in MSY. This could be dangerous if the impact is discovered too late for a particular stock.

l'éventualité où la stratégie serait élargie à plus d'une espèce.

Il importe d'examiner le niveau de risque avant d'exécuter une évaluation. L'utilisation d'une ESG pourrait être malvenue si l'on dispose de peu de données sur un stock particulier. Il faut être en mesure de prendre en considération l'ensemble des réalités potentielles afférentes à la population.

Bien que le cadre d'ESG n'ait pas été mis à l'essai dans le cadre d'une simulation, les théories et les données de substitution ne sont pas très différentes de celles utilisées dans d'autres pays. L'un des problèmes que soulève l'ESG est le fait qu'elle pose l'hypothèse d'un rendement équilibré maximal (REM) constant. On ne sait pas quelle robustesse affiche une RCP donnée ni comment elle réagirait à des changements périodiques du REM. Cela pourrait poser un danger si l'incidence était découverte trop tard pour un stock particulier.

Presentation 3: Bayesian Shrimp Stock Assessment – One Way of Getting the Job Done

Carsten Hvingel, Institute of Marine Research, Tromsø, Norway

Abstract:

A potential stock assessment model and associated management advice for the shrimp stock, *Pandalus borealis*, in SFA 6 was constructed based on the logistic stock-recruitment function, a state-space model structure and Bayesian inference. Fishery effect was modelled explicitly while other mortality was included in the parameter for overall realised population growth rate, *r*, and habitat carrying capacity, *K*. The model included both process and observation error and synthesized information from input priors and three independent series of shrimp biomass and a catch series.

Présentation 3 – Évaluation bayésienne des stocks de crevette – Une façon de faire le travail

Carsten Hvingel, Institute of Marine Research Tromsø, Norvège

Résumé

On a construit un modèle potentiel de l'évaluation du stock et formulé des conseils connexes relatifs à la gestion du stock de crevette (*Pandalus borealis)* dans la ZPC 6 d'après la fonction logistique stock-recrutement, une structure de modèle espace-état et une inférence bayésienne. L'effet des pêches a été explicitement modélisé, tandis que les autres facteurs de mortalité ont été inclus dans le paramètre du taux de croissance global de la population établie, *r*, et dans celui de la capacité de charge de l'habitat, *K*. Le modèle comprenait à la fois : 1) les erreurs d'observation et de processus; 2) l'information synthétisée découlant des distributions *a priori* des données d'entrée, de trois séries indépendantes sur la biomasse de la crevette et d'une série sur les captures.

This model produced reasonable simulations of the observed data. Model results were stated relative to a set of proposed MSY reference points: for stock biomass B_{lim}=0.3B_{msy} and for fishing mortality F_{lim}=1.7F_{msy}. Estimated stock biomass increased from the mid 1990s until 2006 to levels above the optimum, B_{msy}. Some decline towards B_{msy} was then seen. In 2009 there was a 75% probability that the stock biomass was above B_{msy} and that the mortality by fishery was below the value that maximizes yield (F_{msy}). There was a 0% risk that the resource was below B_{lim} in 2009.

Le modèle a permis de produire des simulations raisonnables des données observées. Ses résultats ont été établis par rapport à un ensemble de points de référence proposés relatifs au REM : pour la biomasse du stock B_{lim}=0,3B_{REM} et pour la mortalité par les pêches F_{lim}=1,7F_{REM}. La biomasse estimée du stock a augmenté depuis le milieu des années 1990 jusqu'en 2006, année où elle a atteint des niveaux supérieurs au niveau optimal, à savoir B_{REM}. On a ensuite constaté un certain déclin vers B_{REM}. En 2009, la probabilité que la biomasse du stock soit supérieure à B_{REM} et que la mortalité par les pêches se situe sous la valeur du rendement maximal (F_{REM}) s'établissait à 75 %. Le risque que la ressource s'établisse en dessous de B_{lim} en 2009 était nul.

The mode of the estimated distribution of maximum annual production surplus, available to the fishery (*MSY*) was at 75 ktons. However, this estimate had wide confidence limits. Future catch options, up to 50 ktons/yr, are likely to maintain the stock at its current high level. However, catch options of 60 ktons/yr or higher are not likely to drive the stock below optimum levels in the short term either.

Le modèle de la répartition estimée du surplus maximal de production annuelle disponible pour les pêches (REM) donnait un chiffre de 75 000 t. Toutefois, cette estimation affichait des marges de confiance élevées. Les options relatives aux captures futures, allant jusqu'à 50 000 t/an, permettront vraisemblablement de conserver le stock à sa valeur élevée actuelle. Toutefois, des options de captures égales ou supérieures à 60 000 t/an ne mèneront vraisemblablement pas non plus le stock sous les niveaux optimaux à court terme.

Discussion:

Discussion took place about quantitative versus qualitative assessments for different shrimp stocks throughout the North Atlantic Ocean. While some are quantitative, most are qualitative. It is unknown if this is due to quantitative assessments being attempted and failing or if aging was only partly successful so a quantitative assessment could not proceed. Qualitative models have no numbers so it is difficult to interpret what they truly mean; they lack predictive rigor, are unreliable for classifying risks and don't evaluate management choices. In general a qualitative model is more of an indicator based process but the term model is still used.

Discussion

La discussion porte sur les évaluations quantitatives *vs* qualitatives de différents stocks de crevette répartis dans l'Atlantique Nord. Bien que certaines évaluations soient quantitatives, la plupart sont qualitatives. On ne sait pas si cela est dû au fait que des évaluations quantitatives ont été tentées sans succès ou si les activités de détermination de l'âge n'ont obtenu qu'un succès mitigé, rendant les évaluations quantitatives impraticables. Étant donné que les modèles qualitatifs ne reposent pas sur des chiffres, il est difficile d'interpréter leur signification réelle. Ils manquent de rigueur prédictive, ne sont pas fiables pour la classification des risques et ne permettent pas d'évaluer les choix en matière de gestion. En général, un modèle qualitatif se définit davantage comme un processus fondé sur un indicateur, mais le terme de modèle est encore

utilisé.

If predation is to be included in a model, it is important to look at the overlap of shrimp and predators rather than simply the size of each stock. It was pointed out that, in some SFAs, red fish, Greenland halibut and cod should be used as predators in any model (not just cod). The size distribution of the predators may also be important as different sized groundfish eat different sizes and numbers of shrimp.

Si l'on prévoit inclure la prédation dans un modèle, il importe de considérer le chevauchement des aires de répartition des crevettes et des prédateurs plutôt que simplement la taille de chacun des stocks. On souligne que, dans certaines ZPC, il faut utiliser les sébastes, les flétans du Groenland et les morues comme prédateurs dans tous les modèles (et non pas seulement les morues). La répartition de la taille des prédateurs pourrait également être importante, car des poissons de fond de différentes tailles se nourrissent de crevettes de tailles différentes et en nombres différents.

Bayesian models use random parameters and can run on stocks that are data-poor. As long as the probability distribution of parameters include the entire range of parameter possibilities, a result is generated.

Les modèles bayésiens reposent sur des paramètres aléatoires et peuvent être utilisés pour des stocks pour lesquels on dispose de peu de données. Tant que la distribution des probabilités afférentes à ces paramètres comprend la fourchette complète des possibilités, on obtient un résultat.

Input for the Bayesian model includes LV CPUE, SV CPUE, survey and catch data. Priors distributions are specified and the precision of the cpue is assumed to be only half that of the survey. There was concern expressed about the similarities between LV and SV CPUE in the model, and that they were given the same priors, since it was stated that SV CPUE is more indicative of the SFA 6 shrimp stock.

Les données d'entrée d'un modèle bayésien sont les CPUE des PN, les CPUE des GN ainsi que les données de relevés et les données sur les captures. Les distributions *a priori* sont fournies, et l'on pose comme hypothèse que la précision des CPUE n'est inférieure que de moitié de celle du relevé. Des préoccupations sont exprimées concernant les similarités entre les CPUE des PN et celles des GN dans le modèle et le fait qu'on leur a attribué les mêmes distributions *a priori*, puisqu'il a été mentionné que les CPUE des PN constituent un meilleur indicateur du stock de crevette dans la ZPC 6.

Carrying capacity (K) is difficult to estimate because the stock hasn't come close to that. There was concern that in reality K and MSY are randomly varying over time and the fact that MSY can change greatly from year to year may adversely impact estimation.

La capacité de charge (K) est difficile à estimer, car les chiffres afférents au stock ne se sont pas rapprochés de cette valeur. Des préoccupations sont exprimées sur le fait que, en réalité, K et le REM varient de façon aléatoire avec le temps et que le REM peut changer de façon importante d'année en année, ce qui pourrait avoir une incidence négative sur l'estimation.

A specific goal of the workshop was to determine

L'un des buts particuliers de l'atelier est de

if the model could be applied to SFA 6 Northern shrimp. The general idea is that there will be an OM and an assessment model (AM), with this model serving as the AM. The model was lacking complexity that may be necessary for inclusion in an operating model. It is important for this model to contain things that are important and are likely left out. Some of the complexity would probably include age structure, predation and environmental effects.

déterminer si le modèle peut s'appliquer à la crevette nordique de la ZPC 6. L'idée générale est que nous disposerons d'un MO et d'un modèle d'évaluation (ME), le modèle proposé servant de ME. Le modèle n'est pas suffisamment complexe et, de ce fait, ne pourrait être inclus dans un modèle opérationnel. Il est important que ce modèle renferme des éléments clés qui ont vraisemblablement été laissés de côté. Certaines des données que le modèle pourrait prendre en considération pour être tenu comme étant suffisamment complexe seraient probablement la structure par âges, la prédation et les effets environnementaux.

Concerns were brought forward about the prior assumptions and the fact that they assume that there is more known than is realistic. This can lead to incorrect inferences from a Bayesian model. The general consensus was that this model was a good start to an operational model. Further work is needed on priors, assumptions and what input data should be included.

Des préoccupations sont également exprimées concernant les hypothèses posées *a priori* et le fait que celles-ci supposent que les connaissances sont supérieures à ce qui serait réaliste de supposer. Cela pourrait se traduire par des inférences erronées établies à partir du modèle bayésien. Le consensus est que ce modèle est un bon point de départ pour l'élaboration d'un modèle opérationnel. Un travail plus poussé s'impose sur les distributions *a priori*, les hypothèses et la nature des données d'entrée.

Meeting participants ***agreed*** that this working paper should be published as a Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS) research document.

Les participants à la réunion ***conviennent*** que ce document de travail devrait être publié comme document de recherche par le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS).

Presentation 4: Management Strategy Evaluation for *Pandalus borealis* in Northern Gulf of St. Lawrence

Mathieu Desgagnés, DFO, Science, Institut Maurice-Lamontagne, Quebec

Présentation 4 – Évaluation de la stratégie de gestion pour *Pandalus borealis* du nord du golfe du Saint-Laurent

Mathieu Desgagnés, MPO, Institut Maurice-Lamontagne, Québec

Abstract:

An OM for northern shrimp has been developed in order to conduct a MSE for the Northern Gulf of St-Lawrence shrimp fishery. The OM is structured by length/age/stage where males are described by length and age, and females by stage only (primiparous or multiparous). The time step is seasonal, and male size increases following a von Bertalanffy curve. Males recruit at

Résumé

Nous avons élaboré un MO pour la crevette nordique dans le but de mener une ESG pour les pêches à la crevette pratiquées dans le nord du golfe du Saint-Laurent. Le MO est structuré par longueur/âge/stade de développement, où les mâles sont décrits par longueur et par âge et les femelles, par stade seulement (primipares ou multipares). L'échelle temporelle est

age 1 and their abundance is calculated from a spawning stock / recruit (SR) relationship. The proportion of all males that change sex in a specific year depends on length and may vary from year to year. Catches from fishery are simulated using length selectivity for males, a targeting factor for multiparous aggregation in spring and a fixed catchability. Annual survey samples are also simulated, using length selectivity and fixed catchability.

saisonnière, et la taille des mâles augmente suivant une courbe de von Bertalanffy. Les données relatives aux recrues mâles d'un an et à leur abondance sont calculées à partir d'une relation stock reproducteur/recrues (SR). La proportion de tous les mâles qui changent de sexe au cours d'une année particulière est fonction de la longueur et pourrait varier d'année en année. On simule les captures dans les pêches en utilisant la sélectivité de la longueur chez les mâles, un coefficient de ciblage printanier des crevettes multipares et une capturabilité fixe. On simule également des échantillons de relevés annuels en utilisant la sélectivité de la longueur et la capturabilité fixe.

Field observations and laboratory experiments provide values for some of the parameters: the natural mortality, the male maximum length, the number of male modes and the length-weight relationship. The other parameters come from the model fitted to historical data. This second set of parameters includes commercial and survey fishing gear selectivity, commercial and survey catchability, male modal length variance, sex change curve, recruitment mean size and abundance, and growth parameter.

Les observations sur le terrain et les expériences en laboratoire permettent d'obtenir des valeurs pour certains des paramètres : la mortalité naturelle, la longueur maximale des mâles, le nombre d'animaux en mode mâle et la relation longueur-poids. Les autres paramètres proviennent du modèle ajusté aux données historiques. Cette seconde série de paramètres comprend la sélectivité des engins de pêche utilisés pour les activités commerciales et les releves, la capturabilité au cours de ces mêmes activités et relevés, la variance de la longueur des animaux en mode mâle, la courbe de changement de sexe, la taille moyenne au moment du recrutement et l'abondance des recrues ainsi que les paramètres de croissance.

Stochasticity is included in the OM as process error. Two different process errors are considered: a randomly determined size at recruitment and a log-normal error on SR relationship. Remaining simulation uncertainty, as with the nature of the SR relationship, the needed conversion from number harvested to catch weight, and the seasonal fishing pattern, is not included in the OM structure but is addressed in the MSE framework by the use of different scenarios (view of the possible future reality). Alternative hypotheses about some parameters such as natural mortality, recruitment abundance or annual variation of the sex change mean length, are also considered in that way.

La stochasticité est incluse dans le MO comme erreur de processus. Deux types d'erreurs de processus sont considérés : une taille au moment du recrutement déterminée de façon aléatoire et une erreur log-normale sur la relation SR. L'incertitude restante de la simulation, touchant par exemple la nature de la relation SR, la conversion requise du nombre de poissons prélevés en poids de captures et les pratiques saisonnières de pêche, n'est pas incluse dans la structure du MO, mais est traitée dans le cadre de l'ESG grâce à l'utilisation de différents scénarios (perspectives de la réalité future possible). D'autres hypothèses concernant certains paramètres comme la mortalité naturelle, l'abondance des recrues ou la variation annuelle de la longueur moyenne associée au changement de sexe

By including observation error in the simulated catches and survey samples, a perceived population is computed every year. These indices are combined which trigger HCRs to determine allowable catch the next year. Different scenario / rule combination results are compared to predetermined performance criteria. The range of scenarios needed raises questions about the degree to which an OM needs to be a fully fitted AM versus an OM which is partially parameterized without fitting or where parameters are chosen from distributions representing plausible hypothesis.

Discussion:

Concerns were brought forward that the model in question is simply a statistical catch at length model. The model is not fully tested as it was developed by a post-doc scientist who is no longer with DFO. Work to apply the model as an OM for Northern shrimp in the Gulf of St. Lawrence continues but is presently incomplete. There was concern about believing the results of various HCRs if the details of the model are unclear.

The consensus of participants was that the results of the model should be viewed even though the model details are not fully understood. The way forward would be to determine where the model could be simplified to make it easier to use as an OM. Keep in mind that the data available and that certain data requirements would make usage of the model for shrimp in SFA 6 difficult but will help judge how adequate this model, or others, can be. It is important to know and understand the data structure of the model and whether the data available can be, or made to be, useful. If useful, the priors resulting from this OM would be used in the Bayesian surplus-production model for

sont considérées de la même façon.

Un niveau de population perçue est calculé chaque année en tenant compte de l'erreur d'observation afférente aux captures et aux échantillons de relevés simulés. Ces indices sont combinés pour permettre aux RCP de déterminer les captures autorisées pour l'année suivante. Différents résultats de combinaisons scénarios/règles sont comparés à des critères de rendement prédéterminés. L'éventail des scénarios requis soulève des questions quant à la mesure dans laquelle un MO doit être un ME complètement ajusté aux données *vs* un MO qui est partiellement paramétrisé sans ajustement ou, encore, un MO dont les paramètres sont choisis à partir de distributions représentant une hypothèse plausible.

Discussion

Des préoccupations sont exprimées à l'égard du fait que le modèle en question serait simplement un modèle statistique de capture en fonction de la longueur. Le modèle n'a pas été complètement mis à l'essai, car il a été conçu par un chercheur postdoctoral qui ne fait plus partie du MPO. Le travail d'application du modèle comme un MO afférent à la crevette nordique dans le golfe du Saint-Laurent se poursuit, mais est présentement incomplet. On exprime également des préoccupations concernant la fiabilité des résultats de différentes RCP si les détails du modèle ne sont pas clairs.

Le consensus parmi les participants est que les résultats de l'application du modèle doivent être présentés même si ses détails ne sont pas pleinement compris. La prochaine étape devrait être de déterminer comment il serait possible de simplifier le modèle pour faciliter son utilisation comme MO. Il convient de garder à l'esprit que les données disponibles et certaines exigences relatives aux données devraient rendre difficile l'utilisation du modèle chez la crevette de la ZPC 6, mais nous aideraient à déterminer de quelle manière ce modèle, et d'autres modèles, pourraient être adéquats. Il importe de connaître et de comprendre la structure de données qui est utilisée ainsi que de déterminer

assessment purposes.

si les données disponibles peuvent être utiles ou rendues utiles. Si tel est le cas, les distributions *a priori* résultant de ce MO pourraient être utilisées dans le modèle bayésien surplus-production à des fins d'évaluation.

Different combinations of parameters can give the same model results, and it is difficult to determine exactly which parameter choices comprise the "best-fit" after they are optimized.

Différentes combinaisons de paramètres dans le modèle peuvent produire les mêmes résultats, et il est difficile de déterminer avec exactitude quels choix de paramètres constituent le « meilleur ajustement » après qu'ils ont été optimisés.

This model was developed on Gulf of St. Lawrence shrimp stocks. Effort is an input into the model but there may some difficulties with producing a fleet-wide effort series in SFA 6. It may be useful to exclude effort from a SFA 6 model although it may be difficult, at present, to alter the code for this.

Ce modèle a été conçu pour les stocks de crevette du golfe du Saint-Laurent. L'effort représente une donnée d'entrée dans le modèle, mais il pourrait être difficile de produire une série sur les efforts pour l'ensemble de la flotte dans la ZPC 6. Il pourrait être utile d'exclure l'effort d'un modèle pour la ZPC 6 bien qu'il serait difficile, à l'heure actuelle, de modifier le code à cette fin.

The following section details the research and commercial data sets which could be used in constructing OMs for Northern shrimp in SFA 6.

La section ci-après détaille les ensembles de données des pêches scientifiques et commerciales qui pourraient être utilisés dans la construction de MO pour la crevette nordique dans la ZPC 6.

DATA AVAILABLE FOR NORTHERN SHRIMP IN SFA 6

DONNÉES DISPONIBLES POUR LA CREVETTE NORDIQUE DANS LA ZPC 6

SFA 6 has the most comprehensive data of SFAs 0-7, hence the approach will be to develop models using SFA 6 data, which can then be extended to other SFAs. Below is an overview of the types of data available in SFA 6 along with the quantity and quality of each series.

La ZPC 6 est, parmi les ZPC 0 à 7, celle pour laquelle on dispose des données les plus complètes. En conséquence, l'approche adoptée sera d'élaborer des modèles en utilisant les données sur la ZPC 6, lesquels modèles seront ensuite élargis à d'autres ZPC. On trouvera ci-après un aperçu du type de données disponibles sur la ZPC 6 ainsi que la quantité de données et leur qualité pour chaque série.

Research Vessel Dataset

There is a fall survey (1996 – present) using the Campelen 1800 research shrimp trawl. At times this survey extends into winter months of the following year.

Ensemble des données des navires de recherche

Un relevé est effectué à l'automne (depuis 1986) au chalut de recherche Campelen 1800 (crevette). La durée de ce relevé s'étend parfois sur les mois d'hiver de

l'année suivante.

The research data provides biomass estimates including total, fishable and female spawning stock.

Les données de recherche fournissent des estimations de la biomasse, y compris les biomasses totale, pêchable et du stock de femelles reproductrices.

Data collected on research vessels also provide a recruitment index, which presently is the abundance of age 2 (11.5-16 mm in length) Northern shrimp. The ability to predict future abundance of commercial-sized shrimp from the index is questionable. The length at age is determined from subjective modal analysis of length frequency data.

Les données recueillies sur les navires de recherche fournissent également un indice du recrutement, qui correspond actuellement à l'abondance des crevettes nordiques d'âge 2 (de 11,5 à 16 mm de longueur). On s'interroge sur la capacité de l'indice à prévoir l'abondance des crevettes de taille commerciale. La longueur selon l'âge est obtenue à partir d'une analyse modale subjective des données sur les fréquences de longueur.

There is no stock recruit relationship, however models were developed to try and predict recruitment from the number of females that spawned them. There were then attempts made to predict the biomass of age 4 shrimp, two years in the future, from the number of recruits. In the length frequency plots, based upon research survey data, all the modes are lower in 2009 than 2008 indicating that something happened to all ages of shrimp between the two surveys.

Il n'existe aucune relation entre le stock et le recrutement; toutefois, on a élaboré des modèles afin de prévoir le recrutement d'après le nombre de femelles reproductrices. Par la suite, on a tenté de prévoir quelle sera la biomasse des crevettes d'âge 4 d'ici deux ans, d'après le nombre de recrues. Dans les graphiques de fréquence de longueur, qui sont fondés sur les données des relevés de recherche, tous les modes sont moins élevés en 2009 qu'en 2008, ce qui indique que quelque chose a eu une incidence sur les crevettes de toutes les classes d'âge entre ces deux relevés.

Observer Dataset – Large Vessel (>500 t)

This provides detailed length frequencies, catch rate information, spatial and seasonal distribution information and bycatch information.

Ensemble des données des observateurs de grands navires (> 500 t)

Ces données fournissent des fréquences des longueurs détaillées ainsi que des renseignements sur les taux de capture, sur la répartition saisonnière et spatiale et sur les prises accessoires.

All large vessels must carry an observer. They obtain at least one detailed (maturity staged) length frequency per day. The large vessels fish throughout the year; however, the information is not thought to be representative of the resource within SFAs 6 and 7 because the large vessels tend to fish in localized areas.

Un observateur doit être présent sur tous les grands navires. Chaque jour, ces derniers obtiennent au moins une fréquence de longueur détaillée (par stades de maturité). Les grands navires pêchent toute l'année; toutefois, l'information qu'ils recueillent est considérée comme étant non représentative de la ressource dans les ZPC 6 et 7 parce qu'ils tendent à pêcher dans des secteurs localisés.

Observer Dataset – Small Vessel (<= 500 t; LOA, 100')

This dataset provides ovigerous/non-ovigerous length frequencies, catch rate information, spatial and seasonal distribution information and bycatch information.

There is a target of 10% observer coverage, but in fact only 2-8% of fleet activities are observed. This fleet fishes from April – November of each year and covers a much broader area than the large vessel fleet. Thus, the observer information from this fleet may be more spatially representative of the resource.

Logbook Data (Large and Small Vessel)

Logbooks may be the only means of obtaining catch rate information from the small vessels. The reliability of the small vessel logbook data may be in question given the bycatch information is almost non existent from the logbooks even though the observer data sets show bycatch.

Using a combination of logbook and research survey data, some information can be concluded about mortality. This includes exploitation rate indices (fishery mortality proxy) and primiparous to multiparous ratios.

The exploitation rate indices provide a proxy for fishing mortality. Fishing mortality can be estimated in terms of number of shrimp removed in relation to abundance from the survey.

The large vessel observer dataset provides maturity data that may be used in determining the mortality by ratio of abundance of primiparous shrimp in one year in relation to

Ensemble des données des observateurs de petits navires (< ou = 500 t; 100 pieds de LHT)

Cet ensemble de données fournit des fréquences de longueur pour les femelles ovigères et non ovigères ainsi que des renseignements sur les taux de capture, sur la répartition saisonnière et spatiale ainsi que sur les prises accessoires.

L'objectif de couverture par des observateurs est fixé à 10 % des activités de la flottille, mais, dans les faits, seuls de 2 à 8 % de ces activités font l'objet d'observations. Cette flottille pêche chaque année d'avril à novembre et couvre un secteur beaucoup plus étendu que la flottille de grands navires. En conséquence, l'information recueillie par les observateurs de cette flottille est peut-être plus représentative de la répartition spatiale de la ressource.

Données des journaux de bord (grands et petits navires)

Les journaux de bord sont peut-être la seule façon d'obtenir de l'information sur les taux de capture des petits navires. On peut mettre en doute la fiabilité de leurs données étant donné la quasi-absence, dans ces mêmes journaux de bord, de données sur les prises accessoires même si les données recueillies par les observateurs démontrent que ces prises ont bel et bien lieu.

Grâce à une combinaison des données des journaux de bord et des données issues des relevés de recherche, on peut arriver à certaines conclusions en matière de mortalité, y compris des indices du taux d'exploitation (indicateur de la mortalité par pêche) et la proportion de femelles primipares et multipares.

Les indices du taux d'exploitation fournissent un indicateur de la mortalité par pêche. On peut estimer celle-ci en tant que nombre de crevettes prélevées par rapport à l'abondance établie à l'aide du relevé.

L'ensemble des données des observateurs de grands navires fournit des données sur la maturité qui peuvent être utilisées pour la détermination de la mortalité d'après

abundance of multiparous in the next year. This is a work in progress.

l'abondance des crevettes primipares d'une année par rapport à l'abondance des crevettes multipares de l'année suivante. C'est un travail qui est toujours en cours.

STRENGTHS, WEAKNESSES AND GAPS OF MODELS

The strengths and gaps of each model presented, the Bayesian production model and the Age/sex/stage model, were discussed. Many of the points aim to give guidelines for continuing work for a "best assessment" of shrimp stocks.

FORCES, FAIBLESSES ET LACUNES DES MODÈLES

Les discussions portent sur les forces et les lacunes de chacun des modèles présentés, à savoir le modèle bayésien de production et le modèle des âges/sexes/stades biologiques. De nombreux points soulevés visent à fournir des orientations pour la poursuite des travaux pour l'obtention d'une « évaluation optimale » des stocks de crevette.

Bayesian Stock Production Model (Hvingel and Orr, 2010)

It was ***agreed*** that the Bayesian stock production model can be used as the basis for operating models within an MSE study applied to SFA 6 shrimp. It was recommended that further work continue using this model to determine the most appropriate formulation/structure and data inputs. This model combines the flexibility of state-space modelling and Bayesian methods.

Modèle bayésien de production des stocks (Hvingel et Orr, 2010)

Les participants ***conviennent*** que le modèle bayésien de production des stocks peut servir de fondement à des modèles opérationnels dans le cadre d'une étude d'ESG appliquée au stock de crevette de la ZPC 6. Ils recommandent de poursuivre l'utilisation de ce modèle à l'occasion de futurs travaux afin de déterminer quelles sont la formulation/structure et les données d'entrée les plus appropriées. Ce modèle permet de combiner la flexibilité de la modélisation état-espace et les méthodes bayésiennes.

Strengths

- The state-space structure permits inclusion of process and observation error and allows for time-variant equations of population dynamics and of data relations to the modelled process. The model may be easily modified to account for particular observations in individual years such as atypical recruitment variation, temporary change in discarding practice, increased observation error for the survey and CPUE series, etc. (Hvingel and Kingsley, 2006)
- Bayesian methods can include ancillary

Forces

- Structure état-espace qui permet l'inclusion des erreurs d'observation et de processus et permet l'utilisation de la variation temporelle des équations de la dynamique de la population et des relations des données dans le processus modélisé. On peut facilement modifier le processus pour tenir compte d'observations particulières obtenues certaines années telles qu'une variation atypique du recrutement, un changement temporaire dans les pratiques de rejet, un niveau plus élevé d'erreurs d'observation dans les séries des relevés et dans celles des CPUE, etc. (Hvingel et Kingsley, 2006).
- Capacité des méthodes bayésiennes à

knowledge in a model as priors and aid parameter estimation in data-scarce situations (i.e. in most marine population dynamics modelling).

- As the full distributions of model parameters or derived quantities are estimated, it is technically straightforward to quantify the risk associated with different management options and thus provide a quantitative decision framework for the fishery managers (Hvingel and Kingsley 2006).
- This assessment framework can be readily applied to all shrimp stocks.
- Provides posterior distributions on estimated parameters and any derived quantity – e.g. risk of transgressing reference points, probability of reaching management goals.
- Can incorporate prior knowledge. The outcome for short time series can be simply reflecting the priors; this can be classified as a strength or a weakness.

Weaknesses or Gaps

- Predation was not included in the Bayesian production model and the impacts of predation should be explored in future work.
- Slow in reacting to sudden or large changes in recruitment. This could be very important for relatively short-lived species.
- May be inaccurate if there are important size-based processes in the population.
- Bayesian methods are sometimes supplied with unrealistically informative priors; this should be acknowledged and avoided.
- Can incorporate prior knowledge. Outcome for short time series can be simply reflecting the priors. This can be classified as a

intégrer des renseignements supplémentaires dans un modèle en tant que données *a priori* et à faciliter l'estimation des paramètres lorsque les données sont insuffisantes (c.-à-d. dans la plupart des cas de modélisation de la dynamique des populations marines).

- Quantification simple au point de vue technique, après estimation de la distribution complète des paramètres du modèle ou des quantités dérivées, des risques associés aux différentes options de gestion afin de fournir un cadre de décision quantitatif aux gestionnaires des pêches (Hvingel et Kingsley, 2006).
- Cadre d'évaluation pouvant être facilement appliqué à tous les stocks de crevette.
- Production de distributions *a posteriori* des paramètres estimés et de toutes les quantités dérivées (p. ex. risque de dépassement des points de référence, probabilité d'atteinte des objectifs de gestion).
- Possibilité d'intégrer des connaissances *a priori*. Les résultats des séries de courte durée peuvent ne refléter que les connaissances *a priori*, ce qui peut être considéré comme une force ou comme une faiblesse.

Faiblesses ou lacunes

- Données sur la prédation non incluses dans le modèle de production bayésien; nécessité d'étudier les effets de la prédation dans le cadre de travaux futurs.
- Lenteur de réaction du modèle à des changements soudains ou importants du recrutement. Ce point pourrait être d'une grande importance pour les espèces à courte durée de vie.
- Possibilité que le modèle soit inexact s'il existe d'importants processus fondés sur la taille au sein de la population.
- Apport occasionnel d'information *a priori* non réaliste pour utilisation avec des méthodes bayésiennes; situation à reconnaître et à éviter.
- Possibilité d'intégrer des connaissances *a priori*. Les résultats des séries de courte durée peuvent ne refléter que les

strength or a weakness.

Age/Sex/Stage Model (Drouineau, 2009/2010)

The age/sex/stage model needs to be better understood in order to assess its utility for SFA 6 Northern shrimp. It has shown promise in the Northern Gulf.

Strengths

- The model is stage based.
- Model structure is parsimonious; it is sufficiently complex to capture how the fishery executes fish in stages and seasons, recruitment processes, sex change processes and growth changes. It is not so complex that it has demands beyond the data available.
- Growth is well defined using size modes from survey data and laboratory studies.

Weaknesses or Gaps

- This model is unpublished and has not undergone a peer review.
- The model developer is no longer employed by DFO.
- At present, the model cannot be applied to SFA 6 shrimp due to a mismatch between the maturity data available and the data requirements of the model.
- In the examples shown to the group, there were residual problems (e.g. frequency of females continually underestimated) and instances of missing cohorts.
- The variability of some of the processes, such as sex change, is poorly understood.
- It is unclear how the errors are modeled and interpreted, for example the covariance

connaissances *a priori*, ce qui peut être considéré comme une force ou comme une faiblesse.

Modèle des âges/sexes/stades biologiques (Drouineau, 2009/2010)

On doit arriver à une meilleure compréhension du modèle des âges/sexes/stades biologiques afin d'évaluer son utilité pour le stock de crevette nordique de la ZPC 6. L'application de ce modèle dans le nord du Golfe semble prometteuse.

Forces

- Modèle fondé sur le stade biologique.
- Caractère parcimonieux de la structure du modèle. Ce dernier est suffisamment complexe pour tenir compte de la façon dont les pêches réalisent leurs prises en fonction des stades biologiques et des saisons, des processus de recrutement, des processus de changement de sexe et des changements de croissance. Il n'est cependant pas complexe au point d'exiger des données qui ne sont pas disponibles.
- Croissance bien définie au moyen de l'utilisation de modes de croissance tirés des données des relevés et d'études en laboratoire.

Faiblesses ou lacunes

- Modèle non publié et n'ayant pas fait l'objet d'un examen par des pairs.
- Auteur du modèle non disponible (ne travaille plus pour le MPO)
- Modèle actuellement non applicable au stock de crevette de la ZPC 6 en raison d'une non-correspondance entre les données sur la maturité dont on dispose et les exigences du modèle en matière de données.
- Présence de problèmes résiduels (p. ex. sous-estimation continue de la fréquence des femelles) et cohortes manquantes dans les exemples présentés aux participants.
- Variabilité de certains processus (tel le changement de sexe) mal comprise.
- Imprécision concernant la façon dont les erreurs sont modélisées et interprétées; par

between parameters is not presented.

- Selectivity and catchability parameters and a multiparous shrimp spring targeting factor are quite important but are difficult to verify external to the model.
- Stock-recruitment relationships are critically important but these may be non-local (a stock definition issue common to all shrimp stocks) and they cannot be well determined from the data.
- There is no incorporation of environmental effects, spatial structure, predation, etc. at this time.
- If further resources were available, more research would be conducted into mortality, length/age/stage, stock-recruitment processes and the connectivity between shrimp stocks.

exemple, le modèle n'indique pas la covariance qui existe entre les paramètres.

- Paramètres de sélectivité et de capturabilité de même que coefficient de ciblage printanier des crevettes multipares importants, mais difficiles à vérifier en dehors du modèle.
- Importance cruciale des relations entre le stock et le recrutement bien que celles-ci puissent ne pas être de nature locale (une question relative à la définition des stocks commune à tous les stocks de crevette) et qu'elles ne puissent pas être déterminées de manière précise à partir des données.
- Absence d'intégration des données sur les effets environnementaux, la structure spatiale, la prédation, etc., jusqu'à présent.
- Si les ressources disponibles le permettent : réalisation d'études supplémentaires sur la mortalité, sur la longueur/l'âge/le stade biologique, sur les processus associés au stock et au recrutement ainsi que sur la connectivité entre les stocks de crevette.

ADDRESSING THE TERMS OF REFERENCE, AND THE QUESTIONS POSED IN THEM

The terms of reference for the meeting posed six questions to be discussed. These questions and the results of discussions triggered by them are outlined below.

Question 1: To what degree can the model be simplified so a common assessment can be applied to all shrimp stocks of interest?

It was ***agreed*** that the Bayesian stock production model (SPM) presented can be used as part of a harvest control rule (an OM) within an MSE study applied to SFA 6 shrimp. The meeting did not consider whether or not the Bayesian SPM could be used as an assessment model. Further work and analyses would be required to determine if the SPM could be used in an assessment of SFA 6 shrimp. Given that estimation of parameters is conducted within a Bayesian framework, simplification of the model is unlikely to be required. For example, if information is

CADRE DE RÉFÉRENCE ET QUESTIONS CONNEXES

Le cadre de référence de la réunion fait état de six questions à débattre. Ces questions, de même que les résultats des discussions qui leur ont fait suite, sont présentées ci-après.

Question 1. Jusqu'à quel point le modèle peut-il être simplifié afin que l'on puisse appliquer une même évaluation à tous les stocks de crevette d'intérêt?

Les participants ***conviennent*** que le modèle bayésien de production des stocks présenté peut être inclus dans une règle de contrôle de la pêche (modèle opérationnel) dans le cadre d'une étude d'ESG appliquée au stock de crevette de la ZPC 6. Les participants ne tiennent pas compte de la possibilité que ce modèle soit utilisé ou non en tant que modèle d'évaluation. Des analyses et des travaux plus approfondis sont nécessaires afin que l'on puisse déterminer si le modèle de production des stocks peut être utilisé pour une évaluation

unavailable to estimate a parameter when considering other SFAs, prior information can be incorporated.

du stock de crevette de la ZPC 6. Étant donné que l'estimation des paramètres est effectuée dans un cadre bayésien, il est peu probable qu'une simplification du modèle soit nécessaire. Par exemple, des données *a priori* peuvent être intégrées au modèle lorsqu'on ne dispose pas de l'information nécessaire pour estimer un paramètre au moment de l'examen d'autres ZPC.

With respect to the operating models, the biological basis and population dynamics should be sufficiently complex to permit modification of those factors which the group agrees must be accounted for in the suite of OMs. This excludes the issue regarding shrimp stock boundaries; what if the SFA 6 boundaries are not stock boundaries? The group ***agreed*** that several extensions must be considered for usage of the age/sex/stage, model: stock structure, production changes, trophodynamics and regime changes.

En ce qui concerne les modèles opérationnels, les fondements biologiques et la dynamique de population doivent être suffisamment complexes pour permettre une modification des facteurs qui, selon les participants, doivent être pris en compte dans l'ensemble de ces modèles. Cela exclut la question des limites du stock de crevette; que se passe-t-il si les limites de la ZPC 6 ne correspondent pas aux limites du stock de crevette? Les participants ***conviennent*** de la nécessité d'envisager l'ajout de plusieurs extensions au modèle des âges/sexes/stades biologiques : structure du stock, changements en matière de production, trophodynamisme et changements de régime.

<u>Question 2:</u> What features of shrimp biology and fishery dynamics are essential in the design of an operating model capable of generating "realistic" recruitment, mortality and fishing processes for shrimp stocks?

<u>Question 2.</u> Quelles caractéristiques de la biologie de la crevette et de la dynamique de la pêche sont essentielles à la conception d'un modèle opérationnel capable de prévoir un recrutement, une mortalité et une pêche « réalistes » pour les stocks de crevette?

Operating models must be sufficiently structurally complex such that they reflect essential biological processes and also provide data at the level of resolution which the fishery perceives a stock (e.g. size/age/sex selective fishery). The models should also not be so complex that they include processes that are relatively unimportant for the stock dynamics and how it is exploited.

Les modèles opérationnels doivent posséder une structure suffisamment complexe, de manière à refléter les processus biologiques essentiels et à fournir également des données à un niveau de résolution perçu par les pêches comme constituant un stock (p. ex. pêche sélective en fonction des tailles/âges/sexes). Les modèles ne doivent pas non plus être complexes au point où ils tiendraient compte de processus relativement sans importance pour la dynamique du stock et la façon dont il est exploité.

Specific features of shrimp biology that should be in an OM include: stock-recruitment, a sex change process that is not knife-edged for a cohort (e.g. length-based), should distinguish primiparous and multiparous females (because

Les caractéristiques particulières de la biologie de la crevette qui doivent être incluses dans un modèle opérationnel comprennent : le recrutement du stock, un processus de changement de sexe non strictement associé à

commercial fisheries usually target them differently and they have different reproductive potential), natural mortality that is size or stage selective, length-weight or stage-weight relationship (in the sea and for the fishery).

une cohorte (p. ex. fondé sur la longueur), une distinction entre les femelles primipares et les femelles multipares (du fait qu'elles affichent un potentiel reproducteur différent et qu'elles constituent des cibles différentes pour la pêche commerciale), une mortalité naturelle qui est fonction de la taille ou du stade biologique ainsi que la relation longueur-poids ou stade-poids (en mer et pour la pêche).

Essential features of the fishery in an operating model include: selectivity of commercial gears, catchability of the fleets, in some cases seasonal fishing patterns (i.e. model time step).

Les caractéristiques essentielles de la pêche qui doivent être incluses dans un modèle opérationnel comprennent les suivantes : sélectivité des engins commerciaux, capturabilité des flottilles et profils de pêches saisonniers dans certains cas (c.-à-d. échelle temporelle du modèle).

Question 3: What features of the model are likely to be well-known with "good" parameter estimates and where are the significant uncertainties?

Question 3. Quelles caractéristiques du modèle sont susceptibles d'être reconnues avec de « bonnes » estimations des paramètres et quelles sont les incertitudes importantes?

This question is tied to the strengths and weaknesses of each model, as well as to what data are available and the estimation of parameters that require "good" data.

Cette question est liée aux forces et aux faiblesses de chaque modèle ainsi qu'à la nature des données dont on dispose et à l'estimation des paramètres qui nécessitent de « bonnes » données.

- Biomass trends are well known, including fishable biomass & SSB from research vessel (RV) index.
- Stock structure is unknown.
- Aging is unknown, although ages 1 and 2 can at times be inferred from length distributions.
- Value/interpretation of recruitment index questionable.
- SR relationship is unknown.
- CPUE; the catch is well known; better sampling detail & coverage from LV; SV data more widespread.
- Reasons for the recent decline are not clear. (fishery, predation, declining, recruitment, or a combination of all?)
- Primiparous & multiparous breakdown is

- Tendances de la biomasse bien connues, y compris la biomasse pêchable et la biomasse du stock reproducteur d'après l'indice obtenu des navires de recherche.
- Structure des stocks inconnue.
- Âge des crevettes inconnu, bien qu'on puisse parfois inférer les âges 1 et 2 à partir des distributions de longueur.
- Doute quant à la valeur/l'interprétation de l'indice de recrutement.
- Relation entre le stock de reproducteurs et le recrutement inconnue.
- CPUE; prises bien connues; meilleure couverture d'échantillonnage et davantage de précisions dans l'échantillonnage sur les grands navires; meilleure répartition spatiale des données des petits navires.
- Causes du récent déclin imprécises (pêche, prédation, déclin, recrutement ou combinaison de tous ces facteurs?)
- Données sur la distribution des multipares et

unavailable, posing a significant gap the data requirements of the Quebec model.

- Density dependent mechanisms; there is evidence in SPM but none in the SR relationship.
- Environmental effects are not entirely known.
- Interplay between environmental effects and density dependence and also stock structure is a significant uncertainty.
- Variability in M by age/sex/stage is unknown.

des primipares non disponibles, ce qui se traduit par une importante lacune au point de vue des exigences posées par le modèle québécois.

- Présence démontrée de mécanismes dépendants de la densité dans le modèle de production des stocks, mais aucune dans la relation entre le stock reproducteur et le recrutement.
- Effets environnementaux partiellement connus.
- Présence d'une incertitude importante dans la relation entre les effets environnementaux et la dépendance à la densité ainsi que la structure des stocks.
- Variabilité selon les âges/sexes/stades biologiques dans le modèle inconnue.

Question 4: What criteria should be used to judge the suitability of a population model fitting for use as an assessment model for determining next year's TAC versus using it to parameterize an operating model in an MSE context?

The meeting did not consider the suitability of stand-alone assessment models used to determine either the "best stock assessment" or subsequent management advice. It was recommended that further work continue using the Bayesian SPM to determine the most appropriate model formulation/structure and data inputs.

Question 4. Quels critères devraient être utilisés pour évaluer la pertinence d'un ajustement du modèle de la population comme modèle d'évaluation servant à établir le TAC de l'année suivante, comparativement à la paramétrisation d'un modèle opérationnel dans le contexte d'une ESG?

Les participants n'évaluent pas la pertinence des modèles d'évaluation autonomes que l'on utilise pour établir soit la « meilleure évaluation du stock » soit un avis de gestion ultérieur. Ils recommandent de poursuivre l'utilisation du modèle bayésien de production des stocks à l'occasion de futurs travaux afin de déterminer quelles sont la formulation/structure et les données d'entrée les plus appropriées.

Question 5: What is the appropriate balance between fitting an operating model to the available data to get parameter estimates versus inputting these parameter values from other sources, particularly with regard to accounting for observation and process error, including covariance and autocorrelation in the simulations?

Most management strategy evaluations

Question 5. Quel est le juste équilibre entre l'ajustement d'un modèle opérationnel aux données disponibles afin d'obtenir des estimations des paramètres et l'utilisation de paramètres tirés d'autres sources, en particulier en ce qui concerne la prise en considération des erreurs d'observation et de processus, y compris les covariances et l'autocorrélation dans les simulations?

La plupart des évaluations de la stratégie de

described in the literature are based on operating models that are fit to the data. Operating models may include uncertainties about which the existing data are uninformative, such as regime shifts, global warming scenarios, trophic changes within the ecosystem, stock structure hypotheses, etc. Thus, both known and potential sources of uncertainty and risk are considered in the robustness trials when testing candidate harvest control rules. "Conditioning" the operating model involves fitting the operating model to available data to determine model parameters consistent with the stock history and the structural assumptions of the scenario.

gestion décrites dans la littérature reposent sur des modèles opérationnels qui sont ajustés aux données. Les modèles opérationnels peuvent comporter des incertitudes à propos desquelles les données actuelles donnent peu d'information, tels des changements de régime, des scénarios de réchauffement planétaire, des changements trophiques au sein de l'écosystème, des hypothèses sur la structure des stocks, etc. On considère donc à la fois les sources connues et probables d'incertitude et de risque au moment d'analyser la robustesse des règles de contrôle de la pêche possibles. Le « conditionnement » du modèle opérationnel sous-tend son ajustement aux données disponibles pour que l'on puisse déterminer les paramètres du modèle qui correspondent à l'historique du stock et aux hypothèses structurales du scénario.

A review of fully-tested and peer-reviewed MSE projects would prove useful to examine the balance between data and assumptions used to generate OMs (e.g. Parma, 2002, Cox and Kronlund, 2008, Kell et al., 2005.

Un examen de projets d'ESG ayant fait l'objet d'une mise à l'essai complète et examinés par des pairs pourrait se révéler utile à l'examen de l'équilibre entre les données et les hypothèses qui sont utilisées pour la production des modèles opérationnels (p. ex. Parma, 2002, Cox et Kronlund, 2008, Kell *et al.*, 2005).

<u>Question 6:</u> How can the uncertainty in future shrimp stock productivity be adequately modeled with respect to density dependent versus environmental (temperature, predation) effects in the operating model?

<u>Question 6.</u> Dans quelle mesure peut-on modéliser adéquatement l'incertitude relative à la productivité future du stock de crevette en ce qui concerne la dépendance à la densité *versus* les effets environnementaux (température et prédation) dans le modèle opérationnel?

Participants of the meeting proposed a rewording of question 6 as follows:
How well and how quickly can proposed assessment models pick up proposed changes in the operating models (e.g. changes in K due to regime shift, changes in predation dynamics)?

Les participants proposent un nouveau libellé pour la question 6, qui se lit comme suit :
Les modèles d'évaluation proposés peuvent-ils déceler facilement et rapidement les changements proposés pour les modèles opérationnels (p. ex. changement de la capacité de charge attribuable à un changement de régime, changements dans la dynamique de prédation)?

This is an item for future work. This could include a simulation study which generates data from the stage/sex structured model, and subsequently estimating parameters using the

Il s'agit d'une question à traiter à l'occasion de travaux futurs, lesquels pourraient comprendre une étude de simulation permettant la production de données à partir d'un modèle des

Bayesian SPM.

âges/sexes structuré et une estimation subséquente des paramètres à l'aide du modèle bayésien de production des stocks.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The general consensus of workshop was that the age/sex/stage model from the Gulf of St. Lawrence may be useful as the operating model for providing parameter estimates. The results of this model may be used in the Bayesian SPM as an assessment model.

Steps should be taken to better understand the age/sex/stage model and changes need to be made in order to apply it to SFA 6 data.

While further resources and expertise are required to complete the work required in the next 2-3 years, it was concluded that both models show promise and both should be altered and peer-reviewed. Presentations at a stock assessment meeting would allow peer-review of them, provided the resources and expertise are given to develop the models in question.

The age/sex/stage model from Institut Maurice-Lamontagne (IML) in Quebec has been applied to data from the Gulf of St. Lawrence shrimp stocks. It was strongly ***endorsed*** that these efforts should be continued. The model should be used as a test case for the MSE process, and the model should be peer-reviewed. The details on this process are not yet clear, but it may be ideal to start with a proposed assessment model before moving on to an operating model. An assessment model ensures that all parameters are estimated properly but an operating model allows selection of a range of parameter values. The long term goal is for the MSE process to be applied to all stocks on an SFA basis, using the same HCRs but resulting in different TACs.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

De l'avis général, il est possible que le modèle des âges/sexes/stades biologiques du golfe du Saint-Laurent soit utile en tant que modèle opérationnel pour fournir des estimations des paramètres. On peut utiliser les résultats obtenus grâce à ce modèle dans le modèle bayésien de production des stocks en tant que modèle d'évaluation.

On doit prendre des mesures afin de mieux comprendre le modèle des âges/sexes/stades biologiques et y apporter des modifications en vue de son application aux données de la ZPC 6.

Bien que l'on ait besoin de davantage de ressources et d'expertise pour terminer le travail requis dans les deux ou trois prochaines années, les participants concluent que les deux modèles sont prometteurs et qu'ils doivent tous deux être modifiés et examinés par des pairs. La présentation des modèles à une réunion d'évaluation des stocks permettra leur examen par des pairs, pour autant que l'on puisse disposer des ressources et des compétences nécessaires à leur élaboration.

On a appliqué le modèle des âges/sexes/stades biologiques élaboré par l'Institut Maurice-Lamontagne (IML), au Québec, aux données concernant les stocks de crevette du golfe du Saint-Laurent. Les participants expriment un solide ***appui*** à la poursuite des efforts en ce sens. Le modèle doit être mis à l'épreuve dans le cadre du processus d'ESG, et faire l'objet d'un examen par des pairs. Les modalités de ce processus ne sont pas encore précisées, mais l'idéal semble être d'utiliser d'abord un modèle d'évaluation proposé avant de passer à un modèle opérationnel. L'utilisation d'un modèle d'évaluation permet d'assurer une estimation correcte de tous les paramètres, tandis qu'un modèle opérationnel permet la sélection d'un éventail de valeurs

pour chaque paramètre. L'objectif à long terme est d'appliquer la méthode d'ESG à tous les stocks en fonction des ZPC en utilisant les mêmes règles de contrôle de la pêche, mais avec des résultats différents en matière de TAC.

There are concerns that in some areas, particularly in Newfoundland, the SFA boundaries may not conform to stock boundaries. This is a spatial issue that implies additional complexities that have not been considered in any model applied to those stocks.

Les participants expriment des préoccupations au sujet de certains secteurs, en particulier à Terre-Neuve, où les limites des ZPC peuvent ne pas correspondre aux limites des stocks. Ce problème touchant l'aspect spatial sous-tend l'existence de complications supplémentaires qui n'ont été prises en compte dans aucun des modèles appliqués à ces stocks.

There is some additional information that can be utilized in the Bayesian SPM such as age structure, predation and environmental effects. The Bayesian SPM is a working quantitative model for use on SFA 6 shrimp stocks. DFO appreciates the work done by IMR in Norway on this model.

On peut intégrer des renseignements supplémentaires dans le modèle bayésien de production des stocks tels que la structure par âge, la prédation et les effets environnementaux. Ce modèle est un modèle de travail quantitatif pour utilisation sur le stock de crevette de la ZPC 6. Le MPO exprime sa reconnaissance à l'Institut de recherche marine (IRM) de la Norvège pour le travail que celui-ci a réalisé sur ce modèle.

Expectations were very high for the results of this workshop but it was concluded that there is much work to be completed to fully adopt models for the assessment of Northern Shrimp.

Les participants avaient des attentes très élevées concernant les résultats du présent atelier. Ils concluent toutefois que beaucoup reste à faire avant que les modèles fassent l'objet d'une adoption complète pour l'évaluation des stocks de crevette nordique.

It was ***agreed*** that MSE work should continue, though the suite of OMs should include interactions and contributions from shrimps outside SFA6.

Les participants ***conviennent*** que le travail sur l'ESG doit se poursuivre et que l'ensemble des modèles opérationnels doivent intégrer des interactions et des contributions des stocks de crevette externes à la ZPC 6.

NEXT STEPS

The meeting noted that progress on shrimp MSE in SFAs 2-7 by DFO Science will be extremely limited without the hiring of dedicated expertise which currently does not exist within the department. The developer of the age/sex/size structured model from Quebec is no longer associated with DFO. Evaluating HCRs on an SFA-level will require a level of complexity in the

PROCHAINES ÉTAPES

Les participants notent que le progrès que pourra réaliser le secteur des Sciences du MPO en matière d'ESG des crevettes dans les ZPC 2-7 sera extrêmement limité en l'absence d'une expertise spécialisée sur le sujet, laquelle fait actuellement défaut au sein du Ministère. L'auteur du modèle structuré des âges/sexes/tailles (du Québec) ne travaille plus

OMs that has not yet been considered. The MSE project is likely to require a multi-year effort by a team of scientists.

The next steps for MSE process for Northern Shrimp in SFAs 2-7 should include the following tasks:

- Develop a suite of OMs which must be considered in HCR testing within MSE. This should include cases with interactions and contributions across multiple SFAs with consideration given to appropriately accounting for observation and process error, including covariance and autocorrelation.
- Complete the development of feedback simulation software and conduct preliminary feedback simulations testing the provisional harvest control rules outlined in the IFMP.
- Initiate the consultative MSE process with managers and stakeholders reporting initial findings from preliminary feedback simulations by identifying conservation objectives, yield objectives and corresponding performance statistics.
- Meeting(s) as required with managers and stakeholders to evaluate the performance of candidate management procedures based on the results from the MSE feedback simulations.
- Final inclusive peer-review of the proposed MSE procedure applied to SFAs 2-7 which could be proposed to NAFO for SFA 7 results and identifies management procedures that meet fishery objectives.

pour le MPO. L'évaluation des règles de contrôle de la pêche à l'échelle des ZPC exigera que les modèles opérationnels affichent un niveau de complexité qui n'a pas encore été évalué. Il est probable que le projet d'ESG exigera des efforts de longue haleine de la part d'une équipe de scientifiques.

Les prochaines étapes de l'application de la méthode d'ESG au stock de crevette nordique des ZPC 2-7 doivent comprendre les tâches suivantes.

- Élaborer un ensemble de modèles opérationnels dont on doit tenir compte au moment de la mise à l'essai des règles de contrôle de la pêche dans le cadre de l'ESG. Ces modèles doivent inclure des cas d'interactions et de contributions entre de multiples ZPC et prendre en considération, de façon appropriée, les erreurs d'observation et de processus, y compris la covariance et l'autocorrélation.
- Terminer l'élaboration d'un logiciel de simulation par rétroaction et mener des simulations par rétroaction préliminaires afin de mettre à l'essai les règles de contrôle de la pêche provisoires décrites dans le PGIP.
- Amorcer le processus de consultation sur l'ESG avec les gestionnaires et les intervenants en faisant état des conclusions initiales tirées des simulations par rétroaction préliminaires et en relevant des objectifs de conservation, des objectifs de rendement et des statistiques de rendement connexes.
- Tenir une ou plusieurs réunions, au besoin, avec les gestionnaires et les intervenants pour évaluer le rendement des méthodes de gestion possibles, d'après les résultats obtenus à la suite des simulations par rétroaction de l'ESG.
- Tenir un examen par des pairs inclusif et final de la méthode d'ESG proposée pour les ZPC 2-7 et qui pourrait être proposée à l'OPANO pour la ZPC 7 et relever les méthodes de gestion qui correspondent aux objectifs de la pêche.

BIBLIOGRAPHY & REFERENCES **BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES**

Cox, S.P. and A.R. Kronlund. 2008. Practical stakeholder-driven harvest policies for groundfish fisheries in British Columbia, Canada. *Fish. Res.* **94**: 224-237.

De la Mare W. Simulation studies on management procedures. *Report of the International Whaling Commission 1986*; **36**:429-450.

Hvingel, C. and M.C.S. Kingsley. 2006. A framework to model shrimp (*Pandalus borealis*) stock dynamics and quantify risk associated with alternative management options, using Bayesian methods. *ICES J. Mar. Sci.* **63**:68–82.

Kell, L. T., Pilling, G. M., Kirkwood, G. P., Pastoors, M., Mesnil, B., Korsbrekke, K., Abaunza, P., Aps, R., Biseau, A., Kunzlik, P., Needle, C., Roel, B. A., and Ulrich-Rescan, C. 2005. An evaluation of the implicit management procedure used for some ICES roundfish stocks. *ICES J. Mar. Sci.*, **62**: 750-759.

Miller D. C. M., Shelton P. A., Healey B. P., Brodie W. B., Morgan M. J., Buttterworth D. S., Alpoim R., *et al.* 2008. Management strategy evaluation for Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in NAFO Subarea 2 and Divisions 3LKMNO. NAFO SCR Doc. 08/25, Ser. No. N5225.

Parma, A.M. 2002. In Search of Robust Harvest Rules for Pacific Halibut in the Face of Uncertain Assessments and Decadal Changes in Productivity. *Bull. Mar. Sci.*, **70**: 423-453.

Smith, A.D.M., Sainsbury, K.J., and Stevens, R.A. 1999. Implementing effective fisheries-management systems – management strategy evaluation and the Australian partnership approach. *ICES J. Mar. Sci.* **56**: 967-979.

APPENDIX I : Terms of Reference

Workshop to Review Stock Assessment Models for Northern Shrimp

27-28 April 2010

Ramada St. John's
St. John's, Newfoundland

Chairperson: Brian Healey

Context

DFO developed a provisional framework for setting Total Allowable Catch (TAC) for shrimp in Shrimp Fishing Areas (SFA) 0-7 in 2009 which was included as part of the Northern Shrimp Integrated Fisheries Management Plan (IFMP). However, for SFAs 1 and 7, DFO considers this framework a guideline for planning purposes only as the fisheries are subject to NAFO decision making. As mentioned in the IFMP, the provisional framework is to remain in place until it is reviewed and amended. Evaluation of the framework is to take place no later than December 31, 2014.

A nearly identical provisional TAC setting framework had been suggested in 2009 by Industry as a Canadian proposal to NAFO for the shrimp fishery in NAFO Div. 3L. However, in September 2009, it was decided that the domestic provisional framework should be scientifically peer-reviewed before tabling a proposal at NAFO.

Regarding the review of the framework, the IFMP states that *"the review of this provisional framework would be enhanced by way of a Management Strategy Evaluation (MSE) process that would include testing and potential re-casting of harvest control rules into mathematical expression, as part of an iterative risk management process including fisheries managers, scientists and industry. Whether or not a full MSE process is engaged, DFO Science will be requested to attempt to calculate FMSY, and evaluate the robustness of the following potential values for SFA 6 TAC-setting "rules" (below), the*

Atelier portant sur l'examen des modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique

Les 27 et 28 avril 2010

Ramada St. John's
St. John's, Terre-Neuve

Président : Brian Healey

Contexte

Le MPO a élaboré un cadre provisoire pour l'établissement du total autorisé des captures (TAC) de crevette dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) 0 à 7 en 2009, lequel fait partie du Plan de gestion intégrée de la pêche à la crevette nordique (PGIP). Pour les ZPC 1 et 7, cependant, le MPO estime que le cadre ne doit servir qu'à orienter la planification, puisque les pêches font l'objet de décisions de la part de l'OPANO. Tel que mentionné dans le PGIP, le cadre provisoire doit demeurer en place jusqu'à ce qu'il soit passé en revue et modifié. L'évaluation du cadre doit avoir lieu, au plus tard, le 31 décembre 2014.

En 2009, l'industrie a présenté à l'OPANO un cadre provisoire presque identique pour établir les TAC pour la pêche à la crevette dans la division 3L de l'OPANO en tant que proposition canadienne. Cependant, en septembre 2009, on a décidé que le cadre provisoire canadien devait être passé en revue par des pairs, selon une méthode scientifique, avant de soumettre une proposition à l'OPANO.

En ce qui concerne l'examen du cadre, le PGIP indique qu'« *il serait possible d'améliorer l'examen du cadre provisoire au moyen d'un processus d'évaluation de la stratégie de gestion qui inclurait des analyses et une refonte possible des règles de contrôle de la pêche en une expression mathématique, dans le cadre d'un processus itératif de gestion des risques auquel participeraient des gestionnaires de la pêche, des scientifiques et des membres de l'industrie. Que l'on s'engage ou non dans un processus complet d'évaluation de la stratégie de gestion, les*

results of which would inform any process to refine the provisional framework."

In order to evaluate the current domestic provisional framework and ultimately make recommendations for a proposal to NAFO, several steps will be taken. SFA 6, having the best dataset of all SFAs, will be used as the test area in the development of a Management Strategy Evaluation (MSE) procedure in consultation with industry. The final goal of this process, if successful in SFA 6, would the transfer of the MSE procedure to the remaining SFAs of the northern shrimp fishery. Steps to the final MSE are outlined below:

1. Scientific technical meeting to evaluate two potential quantitative models applied to SFA6 (April 2010).
2. Apply and evaluate the operational model developed in step 1 to the remaining SFAs 1-5 and 7.
3. Complete the development of feedback simulation software and conduct preliminary feedback simulations implementing the operating model, data choices, assessment method, and provisional harvest control rules outlined in the IFMP.
4. Initiate the consultative MSE process with managers and stakeholders reporting initial findings from preliminary feedback simulations by identifying conservation objectives, yield objectives and corresponding performance statistics.
5. Meeting(s) as required with managers and stakeholders to evaluate the performance of candidate management procedures based on the results from the MSE feedback simulations.

scientifiques du MPO seront chargés d'essayer de calculer le rendement équilibré maximal (REM) de la pêche et d'évaluer la robustesse des valeurs potentielles suivantes (ci dessous) pour l'établissement des "règles" du TAC pour la ZPC 6. Les résultats de cet exercice permettraient d'éclairer tout processus destiné à perfectionner le cadre provisoire ».

Afin d'évaluer le cadre provisoire national actuel et, ultimement, faire des recommandations pour une proposition à l'OPANO, il faudra franchir plusieurs étapes. On utilisera la ZPC 6, pour laquelle on possède le meilleur ensemble de données parmi l'ensemble des ZPC, comme zone de test pour élaborer une méthode d'évaluation de la stratégie de gestion (ESG) en consultation avec l'industrie. Le but de ce processus, s'il est couronné de succès dans la ZPC 6, est d'appliquer la méthode d'ESG aux autres zones de pêche à la crevette nordique. Les étapes de l'ESG finale sont les suivantes.

1. Tenir une réunion technique et scientifique afin d'évaluer deux modèles quantitatifs possibles pour la ZPC 6 (avril 2010).
2. Application et évaluation du modèle opérationnel élaboré à l'étape 1 pour les ZPC 1 à 5 et la ZPC 7.
3. Terminer l'élaboration d'un logiciel de simulation par rétroaction et mener des simulations par rétroaction préliminaires avec le modèle opérationnel, des choix de données, la méthode d'évaluation et les règles d'exploitation provisoires décrites dans le PGIP.
4. Amorcer le processus de consultation sur l'ESG avec les gestionnaires et les intervenants en faisant état des conclusions initiales tirées des simulations de rétroaction préliminaires et en relevant des objectifs de conservation, des objectifs de rendement et des statistiques de rendement connexes.
5. Tenir une ou plusieurs réunions, au besoin, avec les gestionnaires et les intervenants pour évaluer le rendement des méthodes de gestion possibles, d'après les résultats obtenus à la suite des simulations par

6. Final inclusive peer-review of the proposed MSE procedure applied to SFAs 2-6 which could be proposed to NAFO for SFA 7 results and identify management procedures that meet fishery objectives.

Specific objectives of the April meeting (Step 1):

The overall objective will be to complete step 1 of the list outlined above. Specifically:

- Review modeling work undertaken by Quebec Region scientists on the Gulf of St. Lawrence shrimp stock and stock production model applied on the Greenland stocks through NAFO.
- As a test case, evaluate whether the models above can be applied to the SFA 6 shrimp stock as this is the area with most available data in the Newfoundland region.
- Identify key strengths and gaps of each model and select the one appropriate for the northern shrimp SFAs.
- Identify further work required to initiate the MSE process (Step 2).

More specifically participants will address the following questions:

1. To what degree can the model be simplified so a common assessment can be applied to all shrimp stocks of interest?
2. What features of shrimp biology and fishery dynamics are essential in the design of an operating model capable of generating "realistic" recruitment, mortality and fishing processes for shrimp stocks?
3. What features of the model are likely to be

rétroaction de l'ESG.

6. Tenir un examen par des pairs inclusif et final de la méthode d'ESG proposée pour les ZPC 2 à 6 et qui pourrait être proposée à l'OPANO pour la ZPC 7 et relever les méthodes de gestion qui correspondent aux objectifs de la pêche.

Objectifs particuliers de la réunion du mois d'avril (étape 1)

L'objectif général sera de franchir la première étape de la liste ci-devant. Plus particulièrement :

- passer en revue les travaux de modélisation effectués par les scientifiques de la Région du Québec sur le stock de crevette du golfe du St-Laurent ainsi que sur le modèle de production du stock appliqué aux stocks du Groenland par l'OPANO;
- en tant que cas type, évaluer si les modèles ci-devant peuvent être appliqués au stock de crevette de la ZPC 6 puisqu'il s'agit de la zone pour laquelle nous possédons la plupart des données de la région de Terre-Neuve;
- relever les principales forces et faiblesses de chaque modèle et choisir celui qui est approprié pour les zones de pêche à la crevette nordique;
- dresser la liste les travaux à effectuer avant de lancer le processus d'ESG (étape 2).

Plus particulièrement, les participants répondront aux questions suivantes.

1. Jusqu'à quel point le modèle peut-il être simplifié afin que l'on puisse appliquer une même évaluation à tous les stocks de crevette d'intérêt?
2. Quelles caractéristiques de la biologie de la crevette et de la dynamique de la pêche sont essentielles à la conception d'un modèle opérationnel capable de prévoir un recrutement, uns mortalité et une pêche « réalistes » pour les stocks de crevette?
3. Quelles caractéristiques du modèle sont

well-known with "good" parameter estimates and where are the significant uncertainties?

4. What criteria should be used to judge the suitability of a population model fitting for use as an assessment model for determining next year's TAC versus using it to parameterize an operating model in an MSE context?

5. What is the appropriate balance between fitting an operating model to the available data to get parameter estimates versus inputting these parameter values from other sources, particularly with regard to accounting for observation and process error, including covariances and autocorrelation in the simulations?

6. How can the uncertainty in future shrimp stock productivity be adequately modeled with respect to density dependent vs. environmental (temperature, predation) effects in the operating model?

Working Papers

The following papers will be considered at the workshop:

1. The status of the shrimp resource within SFA 6. (Dave Orr)
2. Management Strategy Evaluation 101 (Peter Shelton)
3. An Assessement Model and Management Stategy Evaluation work for Northern Gulf of St-Lawrence Pandalus borealis (Mathieu Desgagnés)
4. Greenland Stock Production model (Carsten Hvingel)

Outputs and Documentation

The outcomes of the meeting will guide further steps in the development of an MSE procedure for the northern shrimp stocks in SFA0-7. The MSE procedure will improve the current provisional framework for domestic fisheries and increase consistency through a potential

susceptibles d'être reconnues avec de « bonnes » estimations des paramètres? Quelles sont les incertitudes importantes?

4. Quels critères devraient être utilisés pour évaluer la pertinence d'un ajustement du modèle de la population comme modèle d'évaluation servant à établir le TAC de l'année suivante, comparativement à la paramétrisation d'un modèle opérationnel dans le contexte d'une ESG?

5. Quel est le juste équilibre entre l'ajustement d'un modèle opérationnel aux données disponibles afin d'obtenir des estimations des paramètres et l'utilisation de paramètres tirés d'autres sources, en particulier en ce qui concerne la prise en considération des erreurs d'observation et de processus, y compris les covariances et l'autocorrélation dans les simulations?

6. Dans quelle mesure peut-on modéliser adéquatement l'incertitude relative à la productivité future du stock de crevette en ce qui concerne la dépendance à la densité versus les effets environnementaux (température et prédation) dans le modèle opérationnel?

Documents de travail

Les documents suivants seront examinés à l'atelier.

1. État du stock de crevette de la ZPC 6 (Dave Orr)
2. Évaluation de la stratégie de gestion 101 (Peter Shelton)
3. Modèle d'évaluation et travaux d'évaluation de la stratégie de gestion pour *Pandalus borealis* du nord du golfe du Saint-Laurent (Mathieu Desgagnés)
4. Modèle de la production du stock du Groenland (Carsten Hvingel)

Documents prévus

Les produits de la réunion orienteront les prochaines étapes de l'élaboration d'une méthode d'ESG pour les stocks de crevette nordique dans les ZPC 0 à 7. La méthode d'ESG améliorera le cadre provisoire actuel pour les pêches canadiennes et permettra une

extension of the framework to SFA 7 managed under NAFO.

The results of the meeting are expected to be documented through:

- CSAS Research Documents consisting of the technical reports reviewed during the meeting.
- CSAS Proceedings (to document the discussion of the meeting).

Participation

Given the preliminary, developmental and technical nature of the first three steps, participation will be limited to experts from DFO as well as invited external experts. Future meetings to address steps 4-6 (of context section) will include broader participation with managers and stakeholders.

plus grande uniformité en étendant possiblement le cadre à la ZPC 7, gérée par l'OPANO.

On s'attend à ce que les résultats de la réunion soient consignés dans les documents suivants.

- Documents de recherche du SCCS qui consistent en des rapports techniques passés en revue pendant la réunion.
- Compte rendu du SCCS (pour documenter les discussions tenues pendant la réunion).

Participants

Étant donné que les trois premières étapes sont de nature préliminaire, développementale et technique, les participants ne comprendront que des experts du MPO ainsi que des experts externes invités. Les réunions qui auront lieu aux étapes 4 à 6 (de la section du Contexte) regrouperont un plus grand nombre de participants, y compris des gestionnaires et des intervenants.

APPENDIX II: Agenda

Agenda – DFO Zonal Scientific Workshop
"Examine assessment models for Northern Shrimp"

Gilbert Room, Ramada Hotel, St.John's
April 27 & 28, 2010
Chair: Brian Healey (DFO – NL Region)

Tuesday, April 27th

(08:30 - 9:00 IT assistance available for network connections, etc.)

8:30 – 8:45 Meeting opening, Introductions, House-keeping Items

8:45 – 9:10 The status of the Shrimp resource within SFA 6 (Dave Orr, DFO)

9:10 – 10:15 Management Strategy Evaluation 101 (Peter Shelton, DFO)

10:15 – 10:35 Break

10:35 – 11:30 Assessing Shrimp stocks, Bayesian Production models and an application to Shrimp in SFA 6 (Carsten Hvingel, IMR)

11:30 – 12:30 An Operating Model for Northern Gulf of St-Lawrence Pandalus borealis, including parameterization of the operating model. (Mathieu Desgagnés, DFO)

12:30 – 1:30 Lunch

1:30 – 2:30 Management Strategy Evaluation Results (Mathieu Desgagnés, DFO)

2:30 – 3:00 Discussion on key strengths and gaps of each model; appropriateness of each for northern shrimp SFAs.

3:00 – 3:15 Break

3:15 – 4:30 Review of six questions posed in Terms of Reference (under "Specific objectives of the April meeting (Step 1)".

Wednesday, April 28th

8:30 – 10:30 Continued Discussion on "six questions", including review of responses for inclusion in proceedings.

10:30 – 10:50 Break

10:50 – 12:30 Discussion and wrap-up on the potential of the models reviewed for modeling the SFA6 shrimp stock, with emphasis on Operating Models for MSE.

12:30 – 1:30 Lunch

1:30 – 3:00 General Discussion continued. Identify further work required to initiate the MSE process.

3:00 – 3:15 Break

3:15 - 4:30 General Discussion & Conclusions. Decisions on finalizing proceedings & Upgrading of WPs. Meeting Closure.

ANNEXE II - Ordre du jour

Ordre du jour – Atelier scientifique zonal du MPO
Examen des modèles d'évaluation des stocks de crevette nordique

Salle Gilbert, Hôtel Ramada, St.John's
Les 27 et 28 avril 2010
Président : Brian Healey, MPO, T.-N.-L.

Le mardi 27 avril

(08 h 30 – 09 h 00	Assistance technique disponible pour les connexions au réseau informatique, etc.).
08 h 30 – 08 h 45	Ouverture de la réunion, présentations, affaires courantes.
08 h 45 – 09 h 10	État du stock de crevette de la ZPC 6 (Dave Orr, MPO).
09 h 10 – 10 h 15	Évaluation de la stratégie de gestion 101 (Peter Shelton, MPO).
10 h 15 – 10 h 35	Pause
10 h 35 – 11 h 30	Évaluation des stocks de crevette, modèles bayésien de production et leur application aux stocks de crevette de la ZPC 6 (Carsten Hvingel, IMR).
11 h 30 – 12 h 30	Modèle opérationnel pour *Pandalus borealis* dans le nord du golfe du Saint-Laurent, y compris la paramétrisation du modèle opérationnel (Mathieu Desgagnés, MPO).
12 h 30 – 13 h 30	Dîner
13 h 30 – 14 h 30	Résultats de l'évaluation de la stratégie de gestion (Mathieu Desgagnés, MPO).
14 h 30 – 15 h 00	Discussion des principales forces et faiblesses de chaque modèle; adéquation de chacune de ces dernières aux stocks de crevette nordique des ZPC.
15 h 00 – 15 h 15	Pause
15 h 15 – 16 h 30	Examen des six questions posées dans le cadre de référence, dans la section « Objectifs particuliers de la réunion du mois d'avril (étape 1) ».

Le mercredi 28 avril

08 h 30 – 10 h 30	Suite de la discussion des « six questions », et examen des réponses en vue de leur inclusion dans le compte rendu.
10 h 30 – 10 h 50	Pause

10 h 50 – 12 h 30	Discussion du potentiel des modèles examinés aux fins de la modélisation du stock de crevette de la ZPC 6 et bilan, avec un accent sur les modèles opérationnels utilisés dans le cadre de l'ESG.
12 h 30 – 13 h 30	Dîner
13 h 30 – 15 h 00	Discussion générale (suite). Définition des travaux à entreprendre pour amorcer le processus d'ESG.
15 h 00 – 15 h 15	Pause
15 h 15 – 16 h 30	Discussion générale et conclusions. Décisions sur la mise au point finale du compte rendu et mise à niveau des documents de travail. Clôture de la réunion.

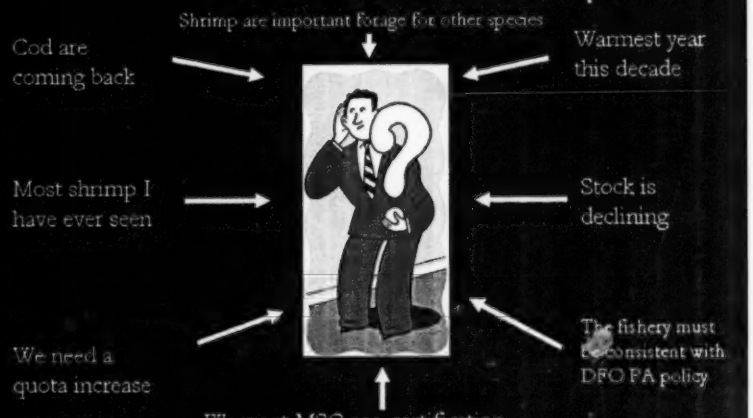
APPENDIX III: List of Participants
ANNEXE III – Liste des participants

Name / Nom	Affiliation	Email / Courriel	Phone/Fax Téléphone/ Télécopieur
1. Dave Orr	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	David.Orr@dfo-mpo.gc.ca	709-772-7343
2. Bill Brodie	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Bill.Brodie@dfo-mpo.gc.ca	709-772-3288
3. Mariano Koen-Alonso	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Mariano.Koen-Alonso@dfo-mpo.gc.ca	709-772-2047
4. Tim Siferd	DFO – Sci – CA Sciences, MPO, RCA	Tim.Siferd@dfo-mpo.gc.ca	204-984-4509
5. Don Stansbury	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Don.Stansbury@dfo-mpo.gc.ca	709-772-0559
6. Geoff Evans	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Geoff.Evans@dfo-mpo.gc.ca	709-772-2090
7. Estelle Couture	DFO – Sci – NCR Sciences, MPO, RCN	Estelle.Couture@dfo-mpo.gc.ca	613-990-0259
8. Nadine Templeman	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Nadine.Templeman@dfo-mpo.gc.ca	709-772-3688
9. Noel Cadigan	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Noel.Cadigan@dfo-mpo.gc.ca	709-772-5028
10. Jason Bailey	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Jason.Bailey@dfo-mpo.gc.ca	709-772-8932
11. Heather Bishop	DFO – FAM – NL GPA, MPO, T.-N.-L.	Heather.Bishop@dfo-mpo.gc.ca	709-772-2920
12. Brian Healey	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Brian.Healey@dfo-mpo.gc.ca	709-772-8674
13. Jen Buie	DFO – FAM – NCR GPA, MPO, RCN	Jennifer.Buie@dfo-mpo.gc.ca	613-990-0128
14. Katherine Skanes	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Katherine.Skanes@dfo-mpo.gc.ca	709-772-8437
15. Daniel Duplisea	DFO – Sci – QC Sciences, MPO, Qc	Daniel.Duplisea@dfo-mpo.gc.ca	418-775-0881
16. Mathieu Desgagnés	DFO – Sci – QC Sciences, MPO, Qc	Mathieu.Desgagnes@dfo-mpo.gc.ca	418-775-0720
17. Louise Savard	DFO – Sci – QC Sciences, MPO, Qc	Louise.Savard@dfo-mpo.gc.ca	418-775-0621
18. Carsten Hvingel	IMR – Norway IRM, Norvège	Carsten.Hvingel@imr.no	
19. David Hardie	DFO – Sci – MAR Sciences, MPO, MAR	David.Hardie@dfo-mpo.gc.ca	902-426-5379
20. Peter Shelton	DFO – Sci – NL Sciences, MPO, T.-N.-L.	Peter.Shelton@dfo-mpo.gc.ca	709-772-2341

Management Strategy Evaluation 102

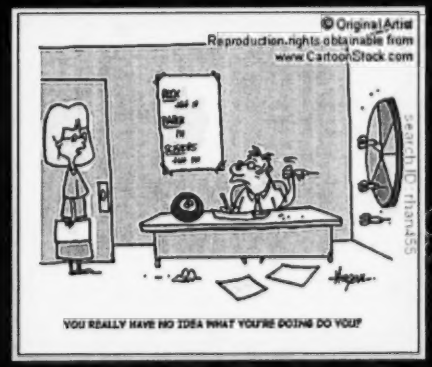
Peter Shelton
Science Branch, DFO
St John's, NL

Making decisions under uncertainty and conflicting demands

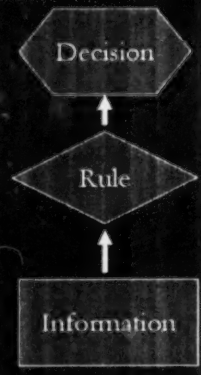

Shrimp are important forage for other species
Cod are coming back
Warmest year this decade
Most shrimp I have ever seen
Stock is declining
We need a quota increase
The fishery must be consistent with DFO PA policy
We want MSC eco-certification

How decisions are made…

Two different approaches


© Original Artist
Reproduction rights obtainable from www.CartoonStock.com
YOU REALLY HAVE NO IDEA WHAT YOU'RE DOING DO YOU?

Unstructured/subjective/ad hoc



Structured/objective/ predetermined

Past to present...

- Rules (e..g. F0.1) were extensively used in Canada, and ICNAF/NAFO in the management of groundfish stocks in the late 1970s and early 1980s
- Decision-making on all stocks became increasingly *ad hoc* in the late 1980s and this approach has continued until very recently
- Moving to a structured approach:
  - UNFSA Precautionary Approach
  - NAFO PA Framework
  - DFO Sustainable Fisheries Framework
  - MSC eco-certification

UNFSA Precautionary Approach (1995)

- Aims to ensure the long-term conservation and sustainable use of straddling and highly migratory fish stocks – by implication also domestic stocks
- Requires signatories adopt measures to ensure long-term sustainability and promote the objective of optimum utilization. Such measures are required to be based on the best scientific evidence available and should be designed to maintain at, or restore stocks to, levels capable of producing MSY, as qualified by relevant environmental and economic factors.
- Requires signatories to apply the PA and to maintain or restore populations to above levels at which their reproduction may become seriously threatened.
- Fishing mortality rate that generates maximum sustainable yield, FMSY, is the minimum standard for limit reference points (i.e., fishing mortality should not exceed FMSY).
- For stocks that are not overfished, fishery management strategies need to ensure that future fishing mortality does not exceed the FMSY level and that the biomass does not fall below a predefined threshold.
- For overfished stocks, the biomass that would produce MSY, BMSY, constitutes a rebuilding target.

Backed up by the 1995 FAO Code of Conduct

FAO Code of Conduct (1995)

- A voluntary, nonbinding international agreement
- The Code prescribes sustainable utilization of fisheries resources through application of the PA
- Advocates a comprehensive management process that includes data collection, monitoring, research, enforcement, and review.
- Prior identification of desirable (target) and undesirable (limit), and measures that will avoid undesirable outcomes with high probability and correct them promptly should they occur
- To be achieved through decision rules that specify in advance what action should be taken when specified deviations from operational targets are observed
- Suggests that a management plan should not be accepted until it has been shown to perform effectively in terms of its ability to avoid undesirable outcomes (for example, through simulation trials)

DFO Sustainable Fisheries Framework (2009)

Primary components:

- Reference points defining stock status zones (Healthy, Cautious and Critical)
- Harvest strategy encompassing decision rules
- The need to take into account uncertainty and risk when developing reference points and developing and implementing decision rules

NAFO PA Framework

Lorient Workshop (2004) defaults

Blim= 30%Bmsy

Flim= Fmsy

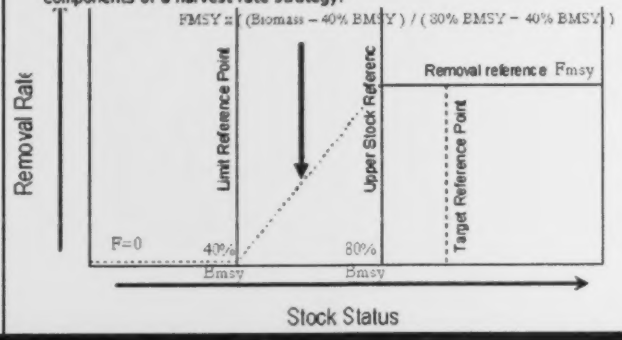
MANAGEMENT STRATEGIES AND COURSES OF ACTION (TIME HORIZONS AND ACCEPTABLE RISK LEVELS SPECIFIED BY MANAGERS)	
Zone 1	**Safe Zone**: Select and set fishing mortality from a range of F values that have a low probability of exceeding F_{lim} in a situation where stock biomass (B) has a low probability of being below B_{lim}. In this area, target reference points are selected and set by managers based on criteria of their choosing (e.g. stable TACs; socio-economic considerations).
Zone 2	**Overfishing Zone**: Reduce F to below F_{buf}.
Zone 3	**Cautionary F Zone**: The closer stock biomass (B) is to B_{lim}, the lower F should be below F_{buf} to ensure that there is a very low probability that biomass will decline below B_{lim} within the foreseeable future.
Zone 4	**Danger Zone**: Reduce F to below F_{buf}. The closer stock biomass (B) is to B_{lim}, the lower F should be below F_{buf} to ensure that there is a very low probability that biomass will decline below B_{lim} within the foreseeable future.
Zone 5	**Collapse Zone**: F should be set as close to zero as possible.

DFO Sustainable Fisheries Framework (2009)

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada — Canada

Harvest Rate Strategy and Harvest Decision Rules

A harvest rate strategy is the approach taken to manage the harvest of a stock and is a necessary element of any fishery plan. In order to implement the PA in a fishery, pre-agreed harvest decision rules and management actions for each zone, are essential components of a harvest rate strategy.



MSC eco-certification

- Principle I
  - An assessed stock can be judged to meet the standard unconditionally, to meet it under specific conditions that have to be addressed, or to fail.
  - 1/2BMSY or 20% of B0 is the default biomass limit, considered to be above the point where there is an appreciable risk that recruitment is impaired
  - BMSY as default biomass target (or higher if this is warranted from a consideration of the trophic inter-dependencies of the target species or in order to decrease the probability that biomass will drop significantly towards the point where recruitment becomes impaired).
  - Suitable proxies for the target and limit are considered acceptable.
  - Risk tolerances are specified with respect to meeting the target and avoiding the limit to assist in scoring.
  - Consideration is given to whether or not there is a management strategy in place incorporating harvest control rules that ensure that harvest of the target species is maintained within sustainable levels consistent with a precautionary approach.

Bonus points

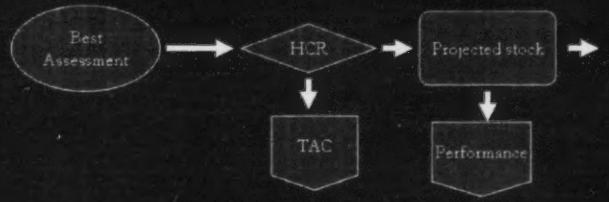
The strategy has been tested and shown to be robust. Alternative hypotheses and assessment approaches have been rigorously explored.

Management strategy

- Objectives quantified into performance statistics, thresholds and risk tolerances
- Scientific assessment of stock status and future productivity
- Harvest control rule for setting the TAC or other management action

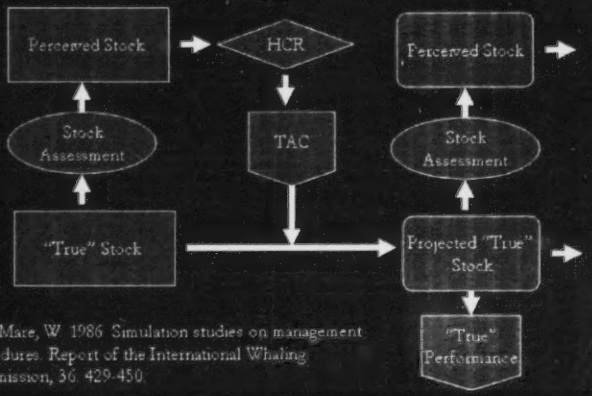
Providing scientific advice

Deterministic or stochastic projections



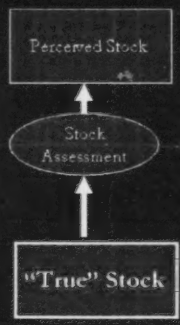
Providing Scientific Advice

Management Strategy Evaluation



de la Mare, W. 1986. Simulation studies on management procedures. Report of the International Whaling Commission, 36: 429-450.

Operating Models



Linhart, H. and Zucchini, W., 1986, *Model Selection*, J. Wiley, New York.

Alternative true stock hypotheses **OR** **OPERATING MODELS**

Typically each OM is fit to observations of relative stock size and catch data in the same way as a stock assessment model – the "best assessment" could be one OM

Modeling the uncertainty/error

"POM" approach to uncertainty/error described in the ICES COMFIE Report (ICES, 1997) + "S"

- P = Process error (e.g. variation in growth, maturation, recruitment, mortality, selectivity
- O = Observation error in the perception of the Real World such as the survey tuning indices
- M = Model error (error associated with the model estimates of population size, fishing mortality, etc.)
- S = Structural uncertainty

Typically the POM errors estimated in the fitting of the OM to the data are applied in the projection. S is dealt with through having a reference set of OMs

Propagating error/uncertainty in the MSE

- Operating model based on life history and externally provided subjective inputs on errors/uncertainty
- Statistical model fit approaches
  - Parametric Bootstrap using the Variance/covariance matrix for estimated parameters obtained by inverting the hessian matrix (likelihood and penalized likelihood methods)
  - Non-parametric bootstrap – by randomly resampling the residuals and adding them to the predicted values to create pseudo-data and then refitting the model
  - Bayesian methods - using MCMC methods to iteratively produce parameter values that are representative samples from the joint posterior distribution

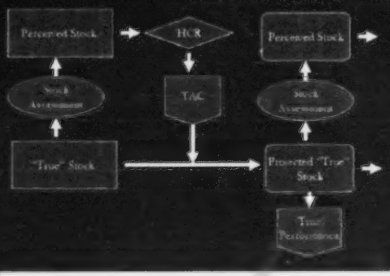
Developing performance statistics – quantification of the management objectives

- Average catch
- Annual variation in catch
- Biomass relative to PA reference points
- Fishing mortality relative to PA reference points
- Others…

Satisficing and trade-offs

- Miller and Shelton (in press) Satisficing and trade-offs: evaluating rebuilding strategies for Greenland halibut off the east coast of Canada ICES J 67)
  - Satisficing - (a portmanteau of "satisfy" and "suffice") is a decision-making procedure that attempts to meet criteria for adequacy, rather than identify an optimal solution.
  - Trade-offs for those strategies that "satisfice" – evaluate catch related PSs vs conservation related PSs

Harvest control rules



Model-based – XSA, PM e.g. F0.1

Model-free e.g. function of trend in indices

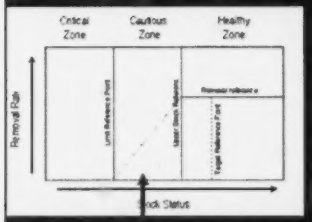
$$TAC_{y+1} = TAC_y \times (1 + \lambda \times slope) \quad (2)$$

Where:

slope = unweighted average slope of log-linear regression lines fit to the last five years of each index (all ages combined), i.e. *y*-5 to *y*-1

λ = an adjustment variable for the relative change in TAC to the perceived change in stock size

Management by reference points and risk – DFO Framework

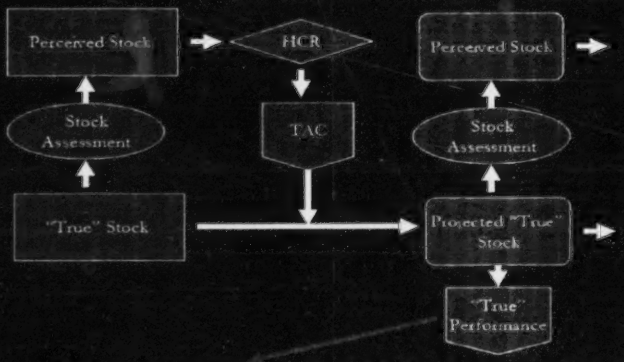


Management actions must arrest declines in the short term or immediately if low in the zone. Risk tolerance for preventable decline – very low / low. Development of a rebuilding plan is ready to come into effect if the stock declines further and reaches the critical zone.

Management decisions should be explicit about the risk of decline associated with a management action by deciding on a risk tolerance for a particular management decision

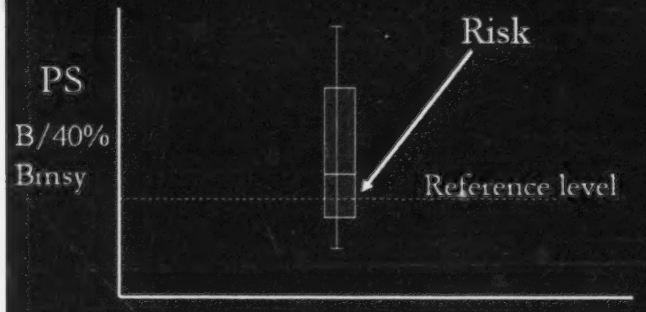
As an illustration, if a stock's abundance is in the Cautious zone, near the Critical zone, it may be decided that there is a low tolerance for a risk of the abundance declining from its current level. A low tolerance for risk is where the risk of a stock's decline from its current level is estimated to be between 5% and 25%. Management actions would then aim to be consistent with this level of risk tolerance.

Management based on MSE



Evaluate the "true" risk of failing to meet the "true" performance statistic e.g. B/40%Bmsy

Reference levels and risk tolerances



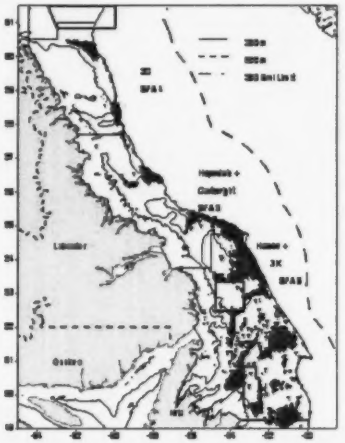
Implementing the Management Strategy

- Managers have to agree to allow the harvest control rule to generate the annual TAC (auto-pilot), intervening only when essential
- Periodic review to update the operating models and to ensure that the selected rule is still performing well
- Option to over-rule the auto-pilot in exceptional circumstances

APPENDIX V: The status of shrimp within SFA 6

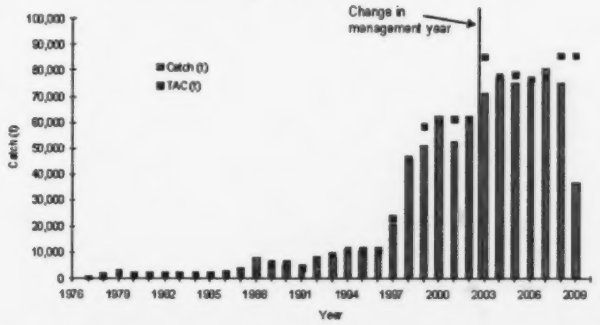
The status of shrimp within SFA 6

By Dave Orr
Newfoundland Region

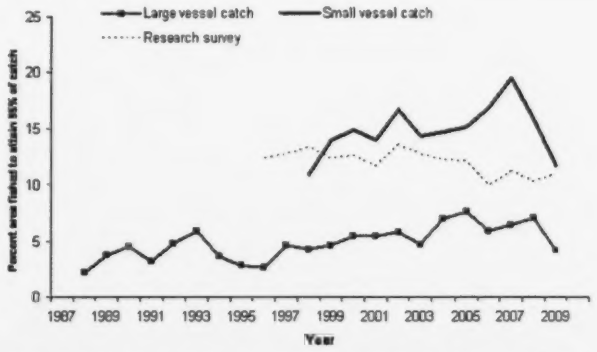


The Shrimp Fishing Areas 4 – 6, with an overlay of the 2009 large and small vessel shrimp fishing locations.

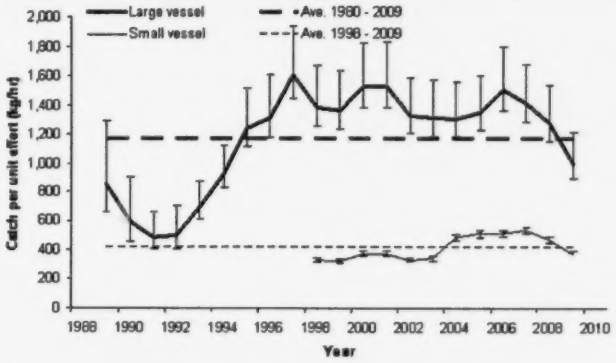
The fishery within SFA 6



- Catches increased from 11,000 t in 1994 – 1996 to 78,000 t by 2004/05 and changed little to 2008/09. The 2009/10 TAC was set at 85,725 t however, due to operational/ commercial constraints only 45,100 t were taken.

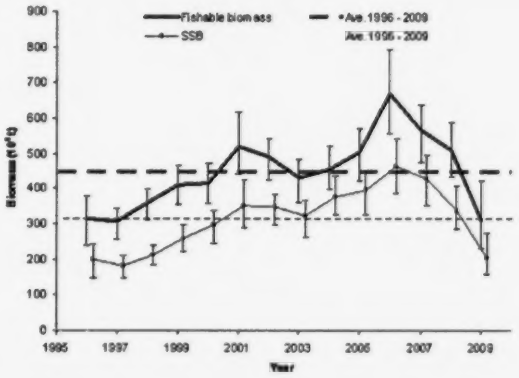


- Spatial distribution of the resource and large vessel fishery changed little over recent years. The spatial distribution of the small vessel fishery increased from 1998 to 2007 then decreased to 2009.



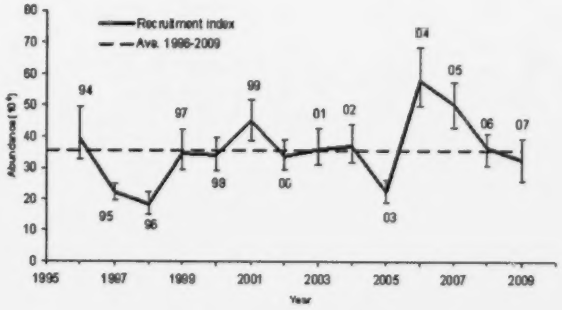
- The large (>500 t) vessel CPUE remained at a high level between 1995 and 2006 after which it decreased to 2009. The small vessel (<100 ft) CPUE increased to 2003, remained high until 2007 and then decreased to 2009.

Biomass



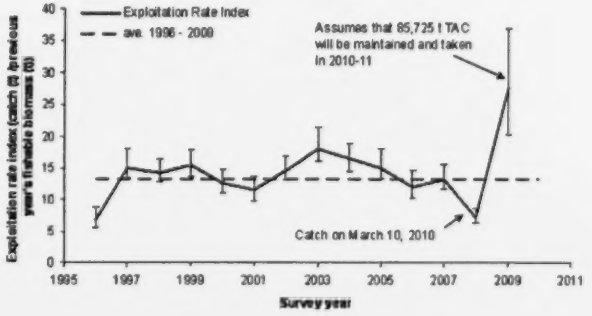
- Biomass indices (total, fishable and female) from fall multi-species surveys generally increased from 1997 to peak levels in 2006 but have since decreased by 50%.

Recruitment

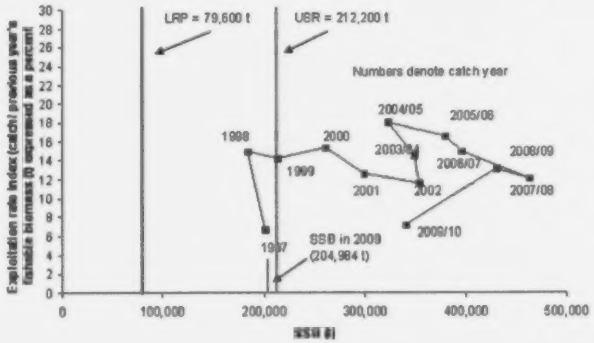


- The recruitment index has been variable, peaking in 2006, but has since declined to the long term average.

Mortality

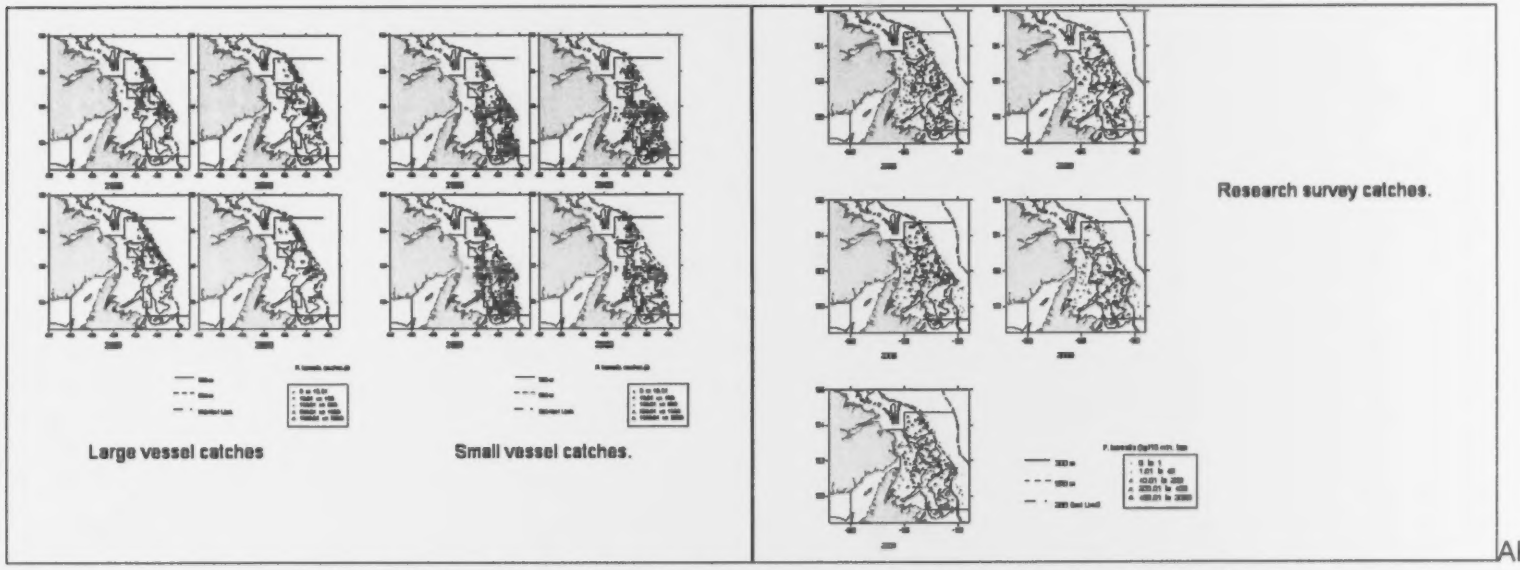

Exploitation Rate Index
ave. 1996 - 2009
Assumes that 85,725 t TAC will be maintained and taken in 2010-11
Catch on March 10, 2010
Survey year

- Harvesting the current TAC of 85,725 t in the next management year would cause the 2010/11 exploitation rate index, based upon fishable biomass, to increase to 28%.



- Female spawning stock biomass (SSB) is presently within the cautious zone at 97% of the provisional Upper Stock Reference Point (USR).

APPENDIX VI: Research and Commercial Catches in SFA 6

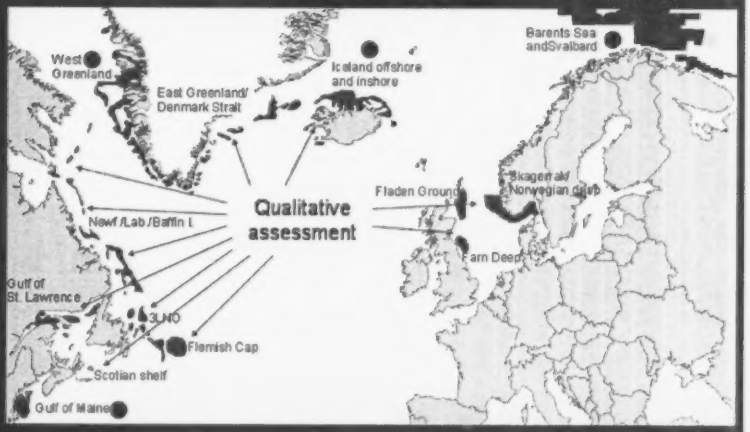


APPENDIX VII: Bayesian shrimp stock assessment – one way of getting the job done

Bayesian shrimp stock assessment - one way of getting the job done

Carsten Hvingel
Institute of Marine Research, Norway
April 2010

Assessment methods, North Atlantic



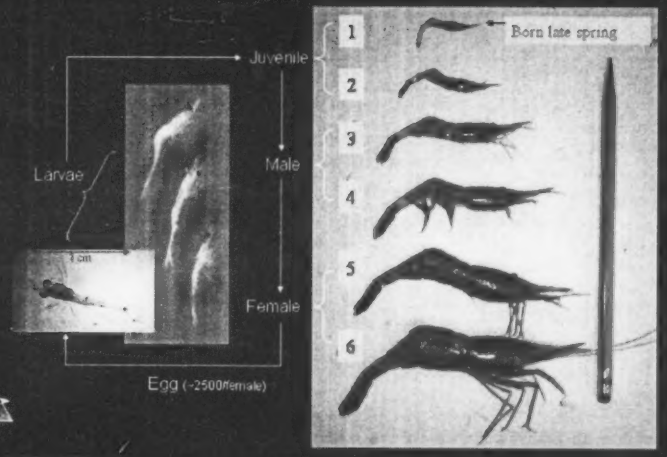
The qualitative model

- × Hard to reproduce
- × Scale (qualitative)
- × Duplicate information
- × No formal statements of uncertainty
- × Lack predictive rigour
- × No evaluation of management options

Building the mathematical model

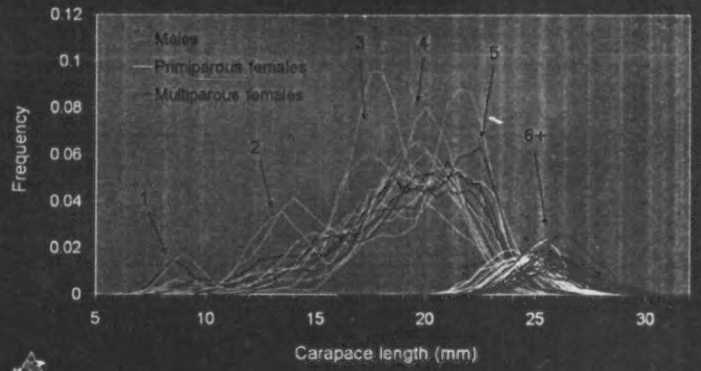
- What to include?
  - Age structure
  - Predation effects
  - Environmental effects (temperature)
  - Stock-recruitment
  - Spatial structure

Age structure

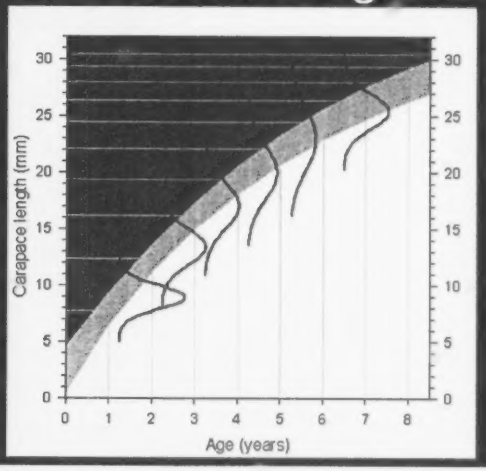


Size distribution

(ex. West Greenland shrimp stock, survey samples)



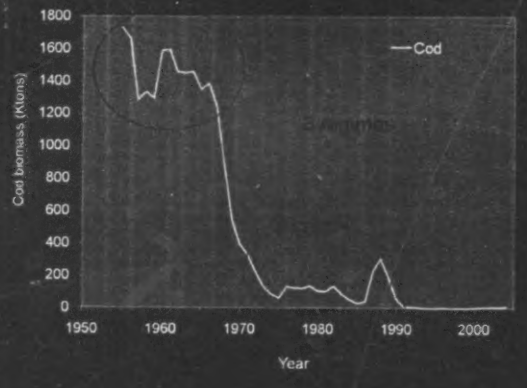
Model estimated growth



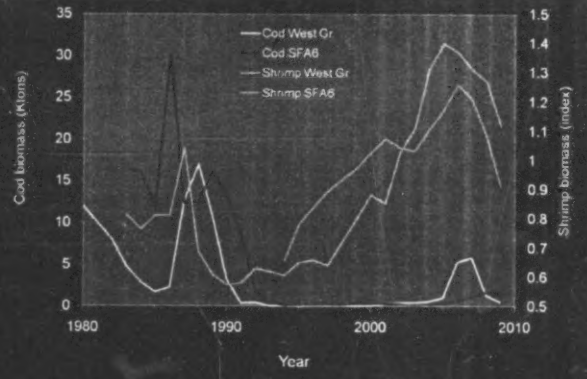
Building the mathematical model

- What to include?
  - ± Age structure
  - – Predation effects
  - – Environmental effects (temperature)
  - – Stock-recruitment
  - – Spatial structure

Predation



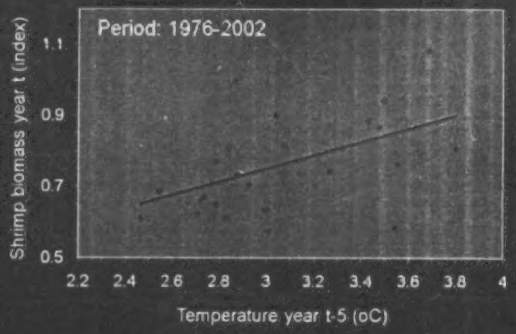
Predation



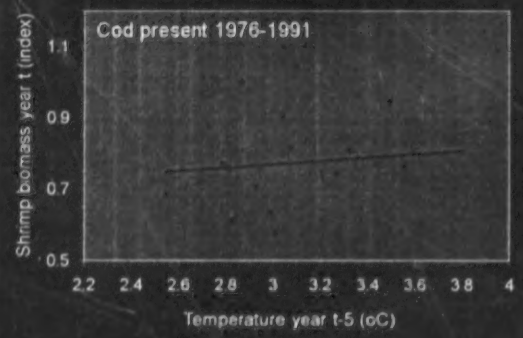
Building the mathematical model

- What to include?
  - ± Age structure
  - + Predation effects
  - – Environmental effects (temperature)
  - – Stock-recruitment
  - – Spatial structure

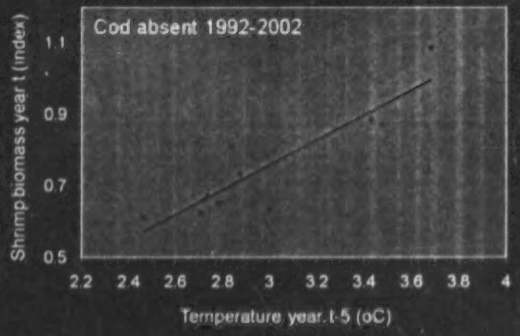
Temperature



Temperature



Temperature



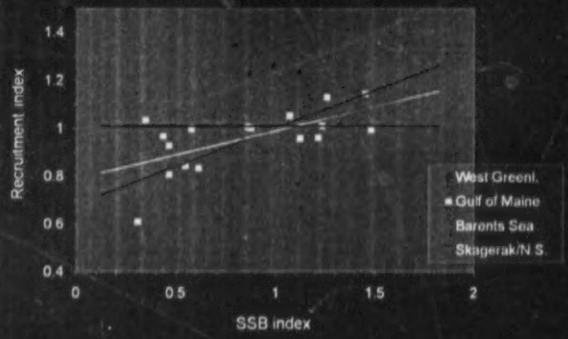
Temperature

- Mechanics unknown
- To few data to establish empirical relationship
- Cannot be predicted

Building the mathematical model

- What to include?
  - ± Age structure
  - + Predation effects
  - ÷ Environmental effects (temperature)
  - – Stock-recruitment
  - – Spatial structure

Stock-recruitment



Paper 3: building a model

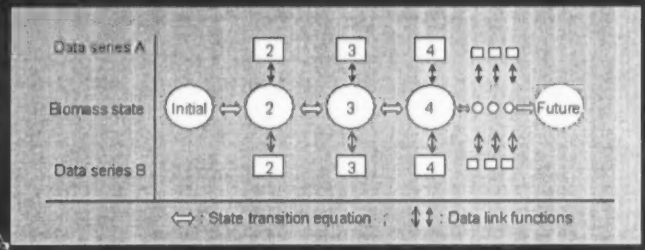
- What to include?
  - ✓Predation effect by cod
  - ÷Environmental effects (temperature)
  - ± Age structured model
  - T Stock–recruitment
  - – Spatial structure

Spatial resolution

- North-south gradient
  - – Growth
  - – Longevity
  - – Age/size at sex change
- Shrimp-cod overlap
- Needed and in prep.

Building a model, structure

- State space model:
  - – Flexibility
  - – Observation and process error



Model equations

- State equation

$$B_{t+1} = \left(B_t - C_t + cod_t \frac{V_{max} B_t^2}{B_t^2 + B_{50\%}^2} + \lambda MSY \frac{B_t}{K} \left(1 - \left(\frac{B_t}{K} \right)^{m-1} \right) \right) \exp(\nu_t)$$

Growth — Density dependence — Error

- Data equation

$$U_{it} = q_i B_t \exp(\beta_{it})$$

Catchability — Error

Inference

- Bayesian simulation
  - Parameters are random
  - Knowledge before data summarised in prior
  - Data may modify prior beliefs summarised in the posterior

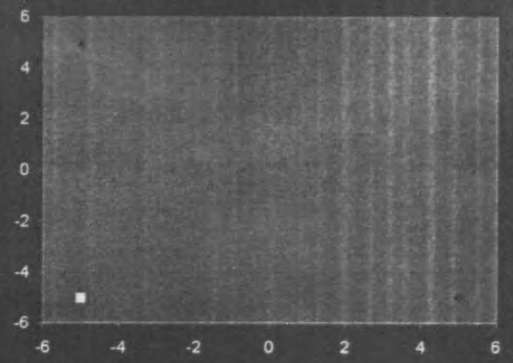
$$p(\theta \mid data) \propto p(data \mid \theta)\, p(\theta)$$

Posterior (Probability distribution of the parameters) — Likelihood (Information from data) — Prior ("Knowledge")

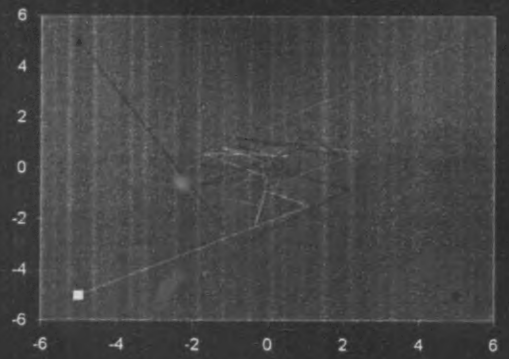
Computation

- Analytical Integration (small models)
- Monte Carlo Markov Chain (MCMC) methods
  - A way to generate random samples from a (potentially very complicated) probability distribution → posterior of all parameters
  - E.g. "Gibbs sampling"
  - WinBUGS (OpenBUGS)

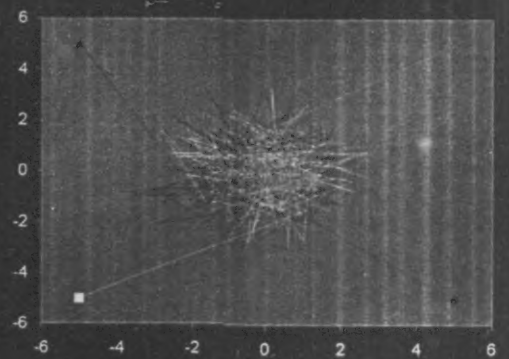
Sampling



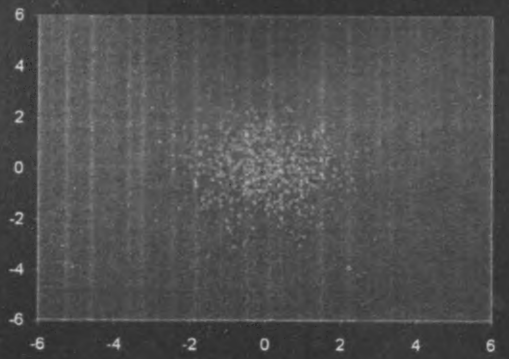
Sampling



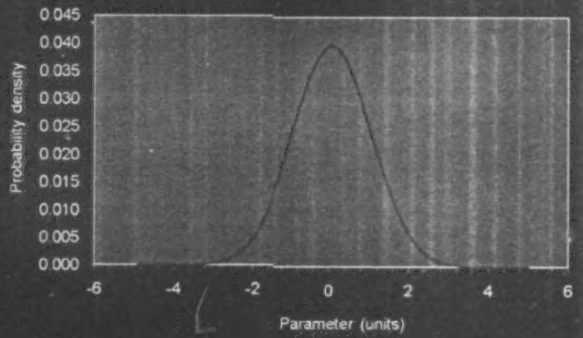
Sampling



Sampling



Entire distribution of the parameters is estimated

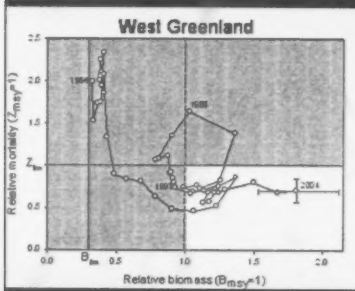


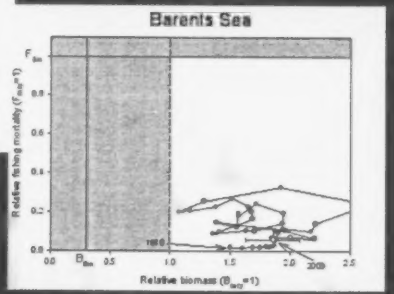
The model at work

What and where?

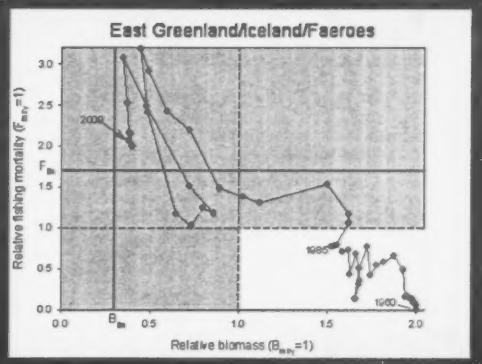
- Shrimp
  - West Greenland, since 2003 (NAFO)
  - Barents Sea, since 2006 (ICES/NAFO)
- Crab
  - Snow crab, West Greenland, 2004 (national)
  - King crab, off northern Norway, 2009 (national)
- Greenland Halibut
  - East Gr/Iceland/Faeroes 2007 (ICES)

Shrimp stocks in NAFO and ICES

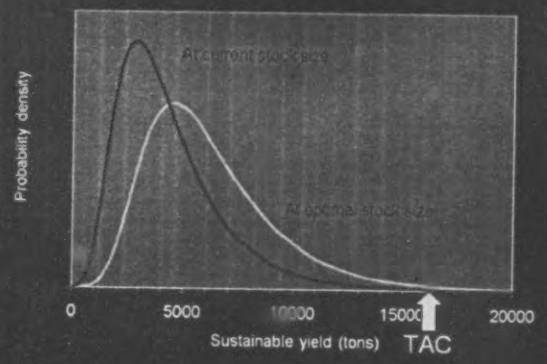




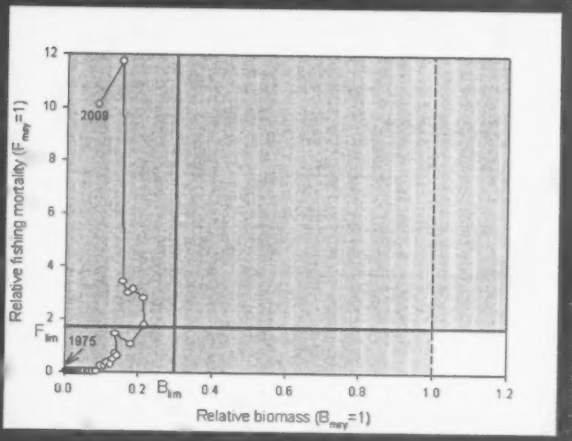
G. Halibut stock in ICES



Snow crab yield potential, W. Greenl.



King crab off northern Norway



The product

- A quantitative stock assessment framework to derive biological advice – also for 'data-poor' stocks.
- … allowing managers and fishing industry to look at simulated projections of likely stock developments as resulting from alternative management actions or fishing strategies.
- Uncertainties of the assessment process is captured and passed on in the advice as quantified risks of transgressing reference points and probabilities of reaching management goals.

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Management strategy evaluation for *Pandalus borealis* in Northern Gulf of St-Lawrence

Presented by
Mathieu Desgagnés
Institut Maurice-Lamontagne

Canada

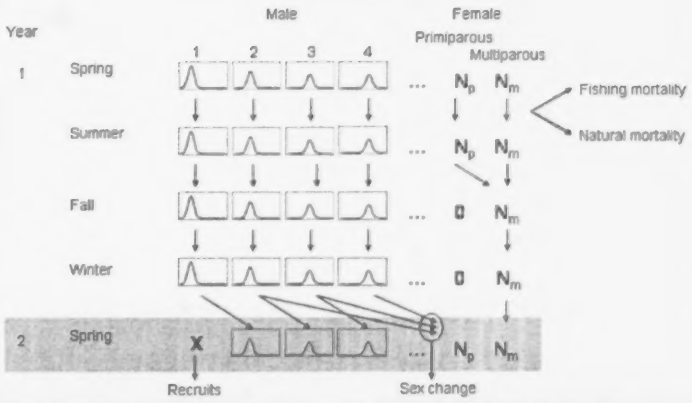
Management strategy evaluation - overview

- Operating model
- Parameter estimations for the simulation
- SSR relationship
- Length-weight relationships
- Catch & effort seasonal pattern
- Observation error (survey and catches)

Operating model

- Population structure:
  - **Males : age-length structured**
    - ***N(t,a,l)* where:**
      - *a* is age from a_0=1 to *A* years old
      - *l* is the length from l_0=8mm to *L*=28mm (length class = 0.5mm)
  - **Females : stage structured**
    - $N_{mult}(t)$
    - $N_{prim}(t)$
- Discrete time-step: seasonal, based on shrimp biology and fishing patterns

Operating model



Operating model

- Growth:
  - length of individuals of a cohort follows a normal distribution with constant CV
  - Cohort (*y*) mean length increases between seasons following a Von Bertalanffy curve

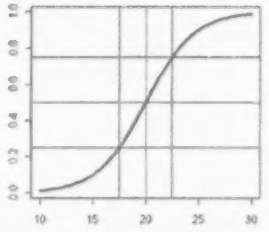
$$\mu^y(t) = (L_{\inf} - \mu_0^y) \cdot \left[1 - e^{(-K(t-t_0))}\right]$$

- Recruits
  - Recruits at year one
  - Mean length of the first male mode (age 1) varies over years

Operating model

- Probability of changing sex at length: described by a sigmoid curve
  - L25-L75 constant (SR_{sex})
  - L50 with yearly random variation and autocorrelation ($L50_{sex}$)

$$p(y,l) = \frac{1}{1 + e^{\left(-2\frac{\log(3)}{SR_{sex}}(l - L50_{sex}(y))\right)}}$$



Operating model

- Survival:

$$N_{male}(t+1,a,l) = N_{male}(t,a,l) \cdot e^{(-\Delta t\,(F_{male}(t,l)+M))}$$

$$N_{primi}(t+1) = N_{primi}(t) \cdot e^{(-\Delta t\,(F_{primi}(t)+M))}$$

$$N_{multi}(t+1) = N_{multi}(t) \cdot e^{(-\Delta t\,(F_{multi}(t)+M))}$$

where ***M*** is natural mortality,
F is fishing mortality
Δt is the length of the time step
N is the total number of shrimp

Operating model

- Natural mortality is considered constant and equal for all ages/stages
- Fishing mortality:

$$F_{male}(t,l) = q_c \cdot s_c(l) \cdot E(t)$$

$$F_{primi}(t) = q_c \cdot E(t)$$

$$F_{multi}(t) = q_c \cdot tar \cdot E(t)$$

where q_c is the fishery catchability,
s_c is the fishery selectivity for each male length class (sigmoid curve)
tar is a targeting factor for ovigerous (multiparous) in spring
E(t) is the fishing effort in hours

Operating model

- Catches:

$$C_{male}(t,l) = \sum_{a=1}^{A}\left[N_{male}(t,a,l) \cdot \frac{F_{male}(t,l)}{F_{male}(t,l)+M} \cdot \left[1 - e^{\left(-\Delta t (F_{male}(t,l)+M)\right)}\right]\right]$$

$$C_{prima}(t) = N_{prima}(t) \cdot \frac{F_{prima}(t)}{F_{prima}(t)+M} \cdot \left[1 - e^{\left(-\Delta t (F_{prima}(t)+M)\right)}\right]$$

$$C_{multi}(t) = N_{multi}(t) \cdot \frac{F_{multi}(t)}{F_{multi}(t)+M} \cdot \left[1 - e^{\left(-\Delta t (F_{multi}(t)+M)\right)}\right]$$

Operating model

- Abundance indices from survey:

$$IA_m(t,l) = s_s(l) \cdot q_s \cdot N_m(t,.,l)$$

$$IA_{female}(t) = q_s \cdot \left(N_{prim}(t) + N_{multi}(t)\right)$$

where: q_s is the survey catchability
s_s is the survey selectivity for each male length class (sigmoid curve)

Parameter estimations

- Dr Hilaire Drouineau proposed likelihood functions (see above) to estimate unknown parameters, using annual survey and commercial fishery sampling
- We are continuing his work, but it yet cannot be used to assess a stock
- At this stage of development, it can gives useful information about realistic values for simulation parameters:
  - Commercial and survey fishing gear selectivity
  - Commercial and survey catchability
  - Male length modal variance
  - Sex change curve
  - Recruitment mean size and abundance
  - Growth parameter

Parameter estimations

- The parameters are estimated in two step:
  - First : growth parameters
    - K, CV of length mode, mean size at age on first year, recruit sizes (26)
  - Second : all the others
    - Fishery and survey gear selectivity (L50, L25-75) (4)
    - Fishery and survey catchability (2)
    - Spring multiparous targeting factor (1)
    - Number at age/stage on first year (7)
    - Recruits number for each year (19)
    - Sex change curve (L50, L25-75) (2)
    - Sex change variation for each year (19)
- Total number of parameters to estimate (5 male modes, 20 years):
  - 80 parameters

Parameter estimations

- Observed data used:
  - Length frequency distribution, from survey and fishery
    - Organised by season and sex
    - Organised by stage when possible
  - Number measured
  - Commercial fishing effort (in hours)
- Parameters to provide:
  - Natural mortality
  - Number of male modes (ages)
  - Maximum male length
  - Variation and coefficient of variation for some likelihood functions

Parameter estimations

- Sex change random walk:

$$L50_{sex}(y) = L50_{sex}(y-1) \cdot e^{\varepsilon_{sex}(y)}$$

where: $\varepsilon_{sex}(y) \sim N(0, \sigma_{sex})$

$$LogL_{sex}(\theta) = -\frac{1}{2 \cdot \sigma_{sex}^2} \sum_{y} \varepsilon_{sex}^2$$

$\sigma_{sex} = 0.10$

Parameter estimations

- Contribution of length-frequency commercial data

$$samp_{com}(t) = f(t,1), \ldots, f(t,L), f(t,primi), f(t,multi)$$

$$f(t,i) = \frac{C_m(t,i)}{\sum_i C_m(t,i) + C_{primi}(t) + C_{multi}(t)} \quad i \in [1:L]$$

$$f(t,primi) = \frac{C_{primi}(t)}{\sum_i C_m(t,i) + C_{primi}(t) + C_{multi}(t)}$$

$$f(t,multi) = \frac{C_{multi}(t)}{\sum_i C_m(t,i) + C_{primi}(t) + C_{multi}(t)}$$

$$\log L(samp_{com}(t) \mid \theta) = \sum_{i \in [1,\ldots,L,primi,multi]} -\frac{1}{2} \cdot \log(v_{com}(t,i)) + \log\left(e^{-\frac{1}{2}\frac{(f(t,i)-\hat{f}_{mdl}(i))^2}{v_{com}(t,i)}} + 10^{-6}\right)$$

where: $v_{com}(t,i) = \left(\frac{1-f(t,i)}{f(t,i)} + \frac{0.1}{L+1}\right) \frac{1}{n_{com}(t)}$

n_{com} is the number of sampled shrimp

Parameter estimations

- Contribution of length-frequency survey data

$$samp_{surv}(t) = g(t,1), \ldots, g(t,L), g(t,female)$$

$$g(t,i) = \frac{LA_m(t,i)}{\sum_i LA_m(t,i) + LA_{female}(t)} \quad i \in [1:L]$$

$$g(t,female) = \frac{LA_{female}(t)}{\sum_i LA_m(t,i) + LA_{female}(t)}$$

$$\log L(samp_{surv}(t) \mid \theta) = \sum_{i \in [1,\ldots,L,female]} -\frac{1}{2} \cdot \log(v_{surv}(t,i)) + \log\left(e^{-\frac{1}{2}\frac{(g(t,i)-\hat{g}_{mdl}(i))^2}{v_{surv}(t,i)}} + 10^{-6}\right)$$

where: $v_{surv}(t,i) = \left(\frac{1-g(t,i)}{g(t,i)} + \frac{0.1}{L+1}\right) \frac{1}{n_{surv}(t)}$

n_{surv} is the number of sampled shrimp

Parameter estimations

- Contribution of total catches

$$C(t) = \sum_l C_m(t,l) + C_{prim}(t) + C_{multi}(t)$$

$$LogLC(t \mid \theta) = v_{com}\left[\log\left(\frac{C_{obs}(t)}{C(t)}\right) - \frac{C_{obs}(t)}{C(t)}\right]$$

v_{com} = 100 to correspond to a CV of 10%

Parameter estimations

- Contribution of total catches

$$IA(t) = \sum_l IA_m(t,l) + IA_{gmulti}(t)$$

$$LogLIA(t \mid \theta) = v_{surv}\left[\log\left(\frac{IA_{obs}(t)}{IA(t)}\right) - \frac{IA_{obs}(t)}{IA(t)}\right]$$

v_{surv} = 100 to correspond to a CV of 10%

Parameter estimations

- Estimating parameters: growth
  - Given θ_1, mean size at age ($\mu_0(l)$) are computed for each age group and each time step, and then theoretical frequency-at-length

$$\theta_1 = \left\{K, cv, \mu_0^1, \ldots, \mu_0^T, \mu_1^{y_0}, \ldots, \mu_A^{y_0}\right\}$$

$$\log L_2 P_{comm}(t \mid \theta_1) = \sum_{l=1}^{L}\left[f(t,l)\log\left[\sum_{a=1}^{A}\lambda_{comm}(t,a)\frac{1}{2\cdot cv\cdot\mu_0(t)}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{length(l)-\mu_0(t)}{cv\cdot\mu_0(t)}\right)^2\right)\right]\right]$$

$$\log L_2 P_{surv}(t \mid \theta_1) = \sum_{l=1}^{L}\left[g(t,l)\log\left[\sum_{a=1}^{A}\lambda_{surv}(t,a)\frac{1}{2\cdot cv\cdot\mu_0(t)}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{length(l)-\mu_0(t)}{cv\cdot\mu_0(t)}\right)^2\right)\right]\right]$$

with $\lambda_{comm}(l,l)$ and $\lambda_{surv}(l,l)$ estimated for each sample by an Expectation Maximisation algorithm

Parameter estimations

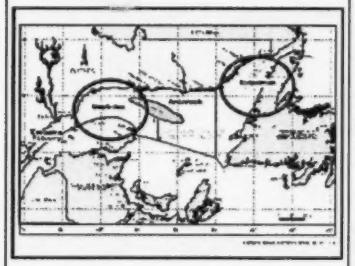
- Estimating parameters: all other

$$\log L(\theta_2 \mid \theta_1) = \sum_t LogL(samp_{com}(t) \mid \theta) + \sum_t LogL(samp_{surv}(t) \mid \theta) + \sum_t LogLC(t \mid \theta) + \sum_t LogLIA(t \mid \theta) + \sum_t LogL_{sel}(\theta)$$

- Hilaire Drouineau suggested to maximise the loglikelihood by using an evolutionary algorithm to provide starting points to a quasi-Newton algorithm

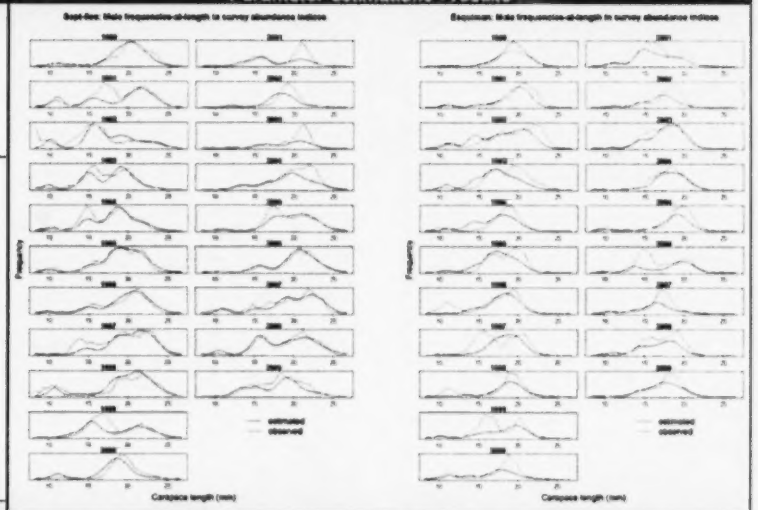
Parameter estimations : results

- Sept-Iles and Esquiman stock

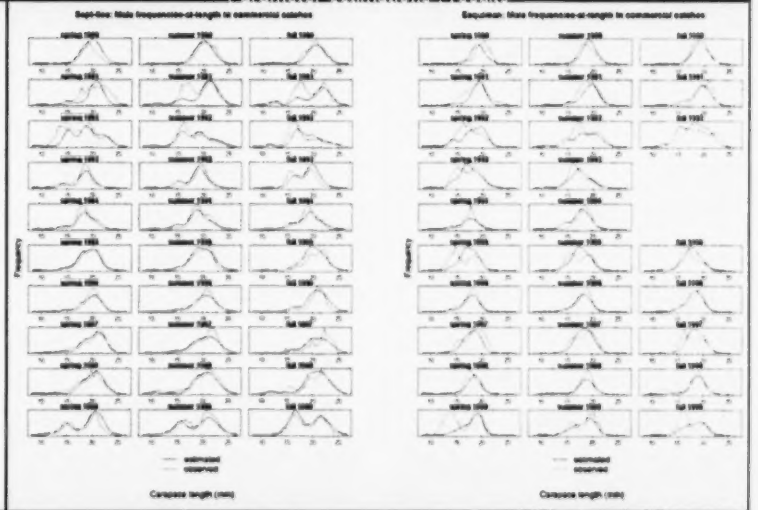


NGSL SHRIMP STOCKS
SFA 10 : Sept-Iles, SFA 8 : Esquiman
FISHERY MANAGEMENT
TAC, minimum mesh size, Nordmore grate, dock side monitoring (100%), at-sea observers (5%), log-books (100%)
DATA (1990 – 2009)
Catch and effort (log-books)
Catch at length by sex (dock side sampling)
Biomass estimates (bottom trawl survey)
Abundance at length by sex (survey sampling)
ASSESSMENT
Description of quantitative indicator trends

Parameter estimations : results

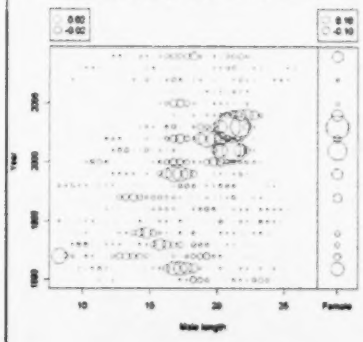


Parameter estimations : results

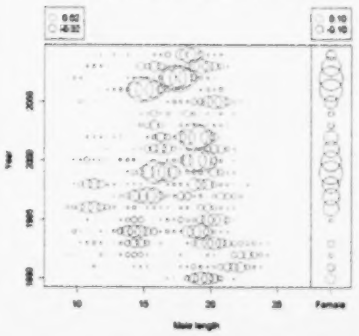


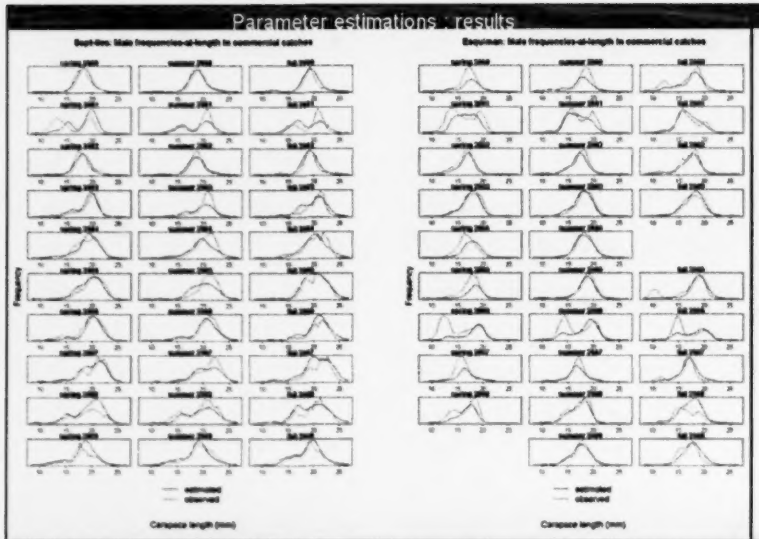
Parameter estimations : results

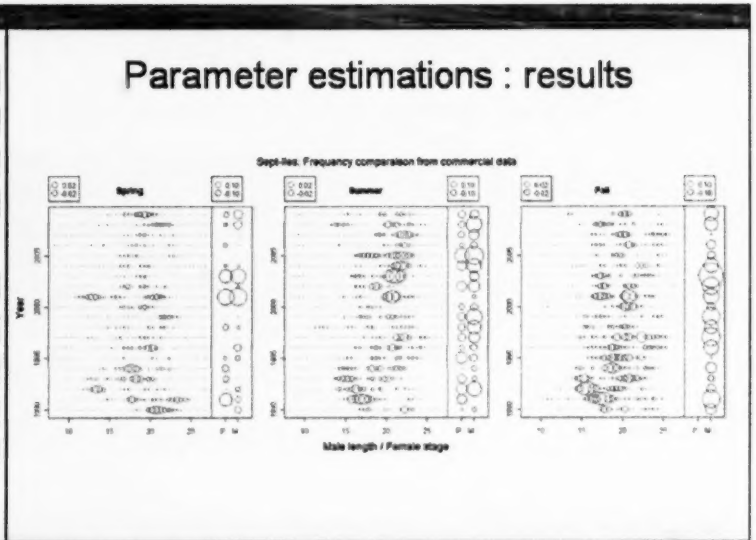
Sept-Iles: Frequency comparaison from survey data

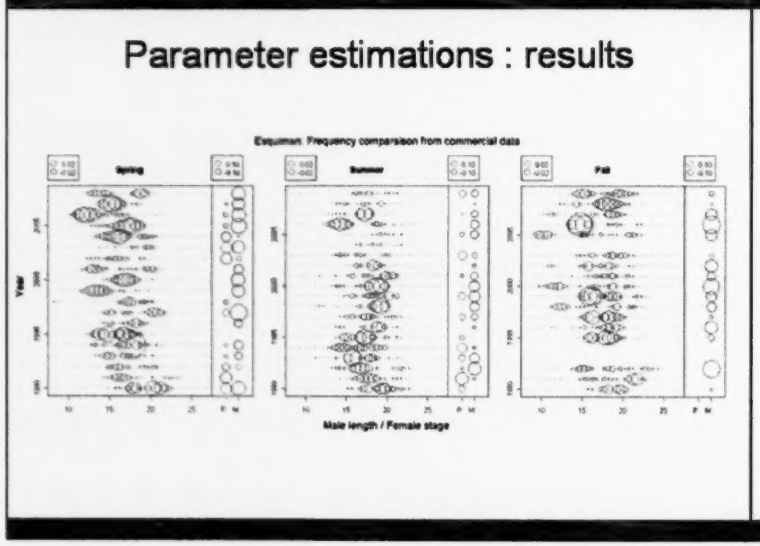


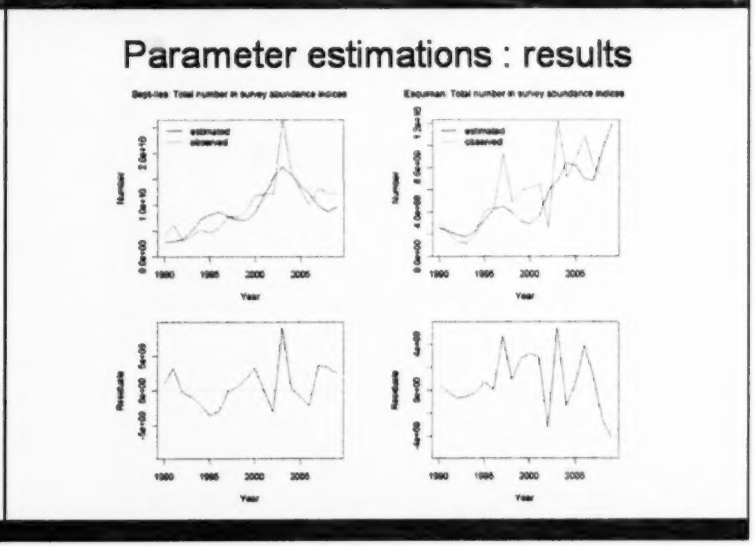
Esquiman: Frequency comparaison from survey data



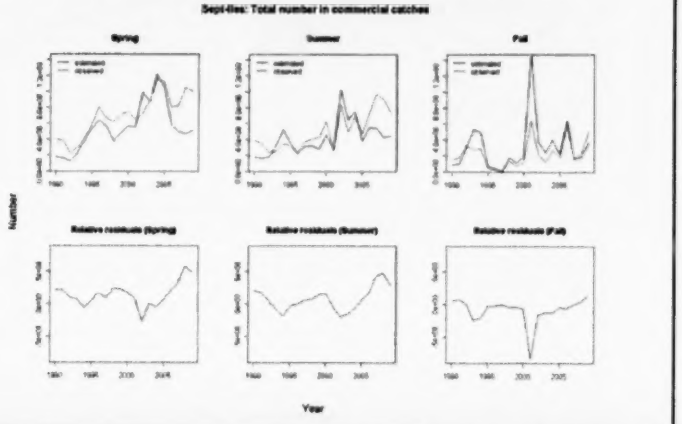

Parameter estimations : results
Frequency
Carapace length (mm)
estimated
observed


Parameter estimations : results
Sept-Iles. Frequency comparison from commercial data
Spring
Summer
Fall
Year
Male length / Female stage

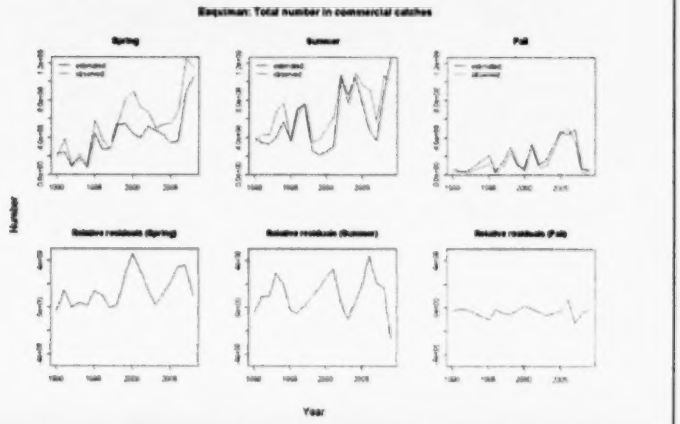

Parameter estimations : results
Esquiman. Frequency comparison from commercial data
Spring
Summer
Fall
Year
Male length / Female stage

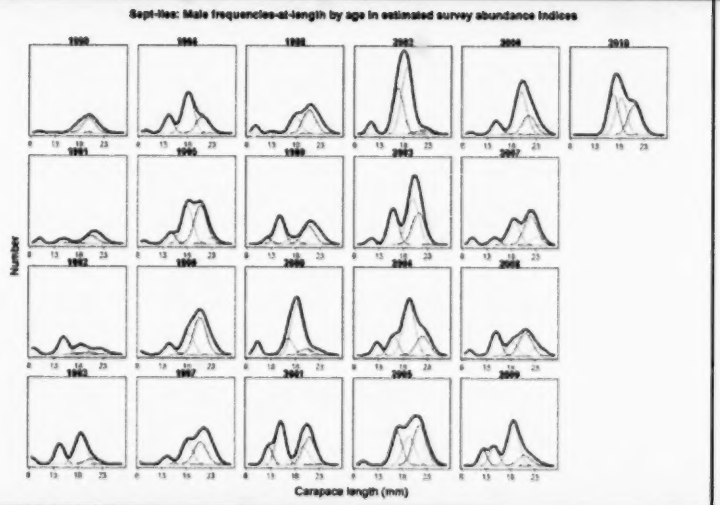

Parameter estimations : results
Sept-Iles. Total number in survey abundance indices
Esquiman. Total number in survey abundance indices
estimated
observed
Number
Residuals
Year

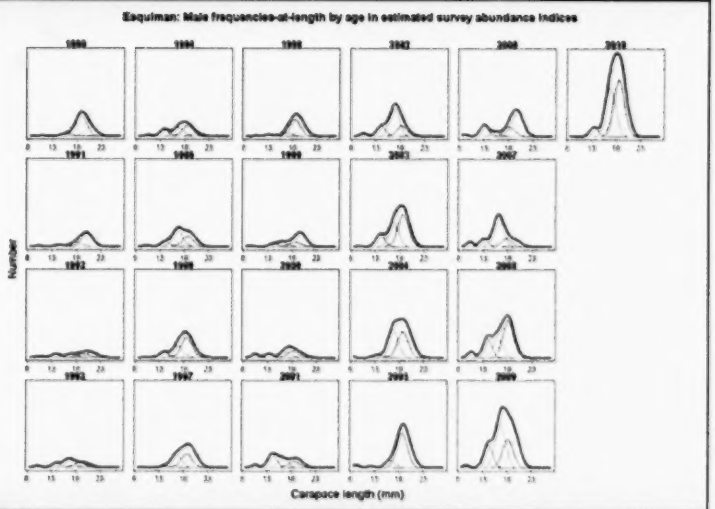
Parameter estimations : results



Parameter estimations : results



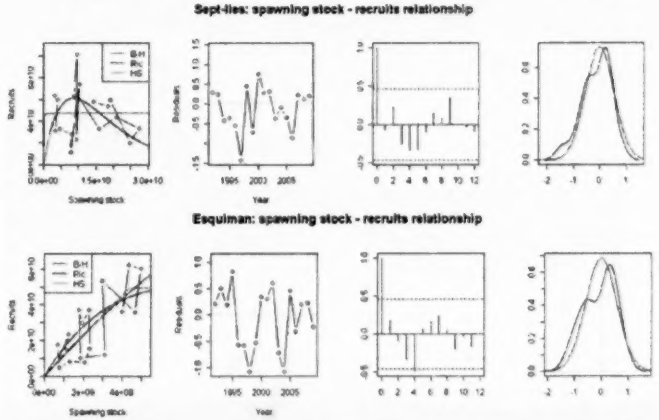




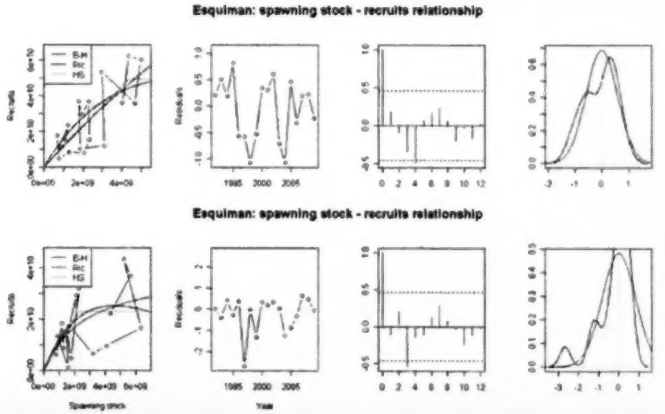
Spawning stock - recruit relationship

- Based on female; male are considered not limitative to reproduction
- Results of the fitted model are used:
  - Female number at the end of summer in year *y*
  - Male at age 1 in spring in year *y+2*
- Major difference between the two stocks
- In both cases, hockey stick relationship seems a better choice than Beverton-Holt or Ricker

Spawning stock - recruit relationship

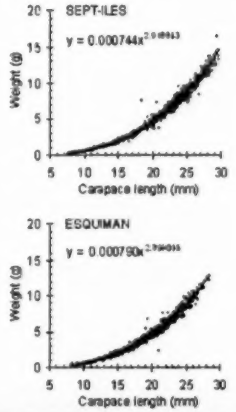


Spawning stock - recruit relationship

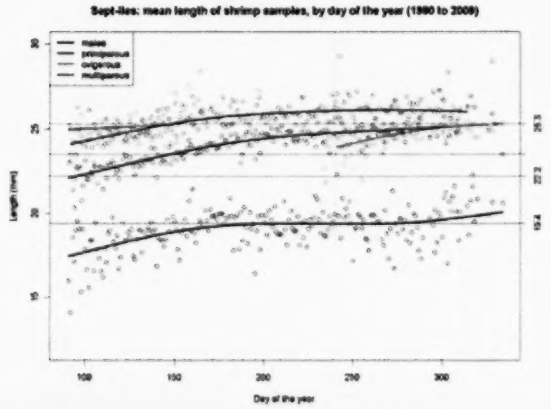


Length-weight relationship

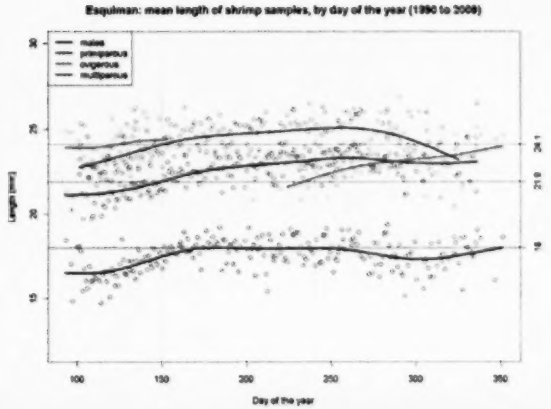
- Northern Gulf of St-Lawrence shrimp stocks are managed by setting TAC.
- To convert the number harvested to catch weight, we need:
  - Length-weight relationship
  - Female mean length
  - Egg bearing weight correction



Length-weight relationship



Length-weight relationship



Length-weight relationship

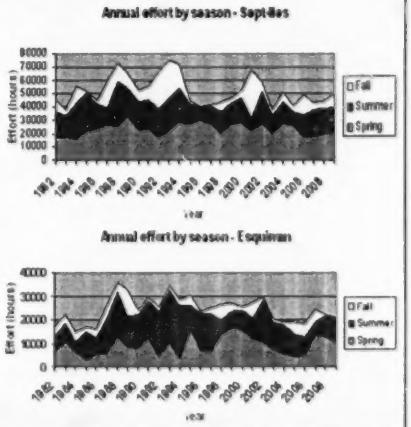
- Female mean length and egg bearing weight correction
- The simulation process is clearly influenced by these two values. Sensibility analysis is necessary.

Sept-Iles			
		Mean length (mm)	Increase (mm)
Primiparous	Spring	23.0	
	Summer	24.4	1.4
Multiparous	Spring	25.1	
	Summer	25.9	0.8
	Fall	25.3	
Egg mean weigth (g):		1.024	

Esquiman			
		Mean length (mm)	Increase (mm)
Primiparous	Spring	21.6	
	Summer	22.7	1.1
Multiparous	Spring	23.7	
	Summer	25.0	1.3
	Fall	23.6	
Egg mean weigth (g):		0.827	

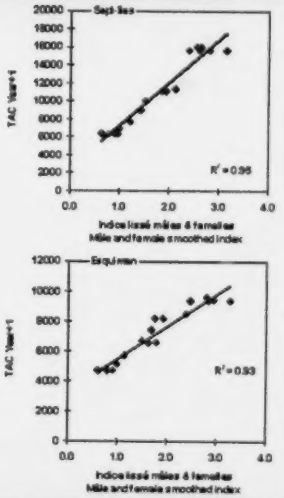
Catch & effort seasonal pattern

- Fishing effort vary by season and by year
- A cap is apply to limit the amount of time the industry can fish in a season
- A cap is apply to limit the catches processed by the industry in a season



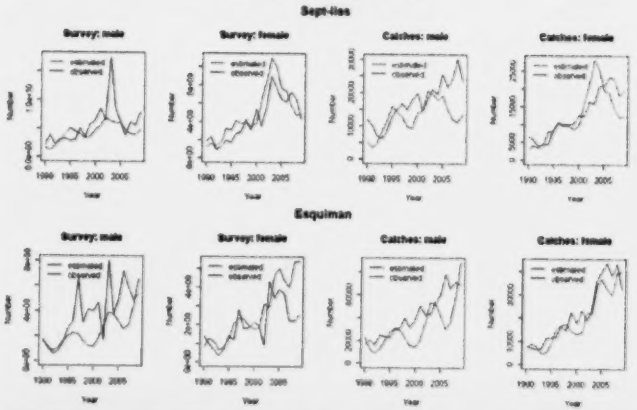
Observation error

- What information is to be observed?
- Four indices: total number of male and female, caught by the survey and the fishery
- The operating model gives the opportunity to test other indices



Input data

Observation error



Observation error